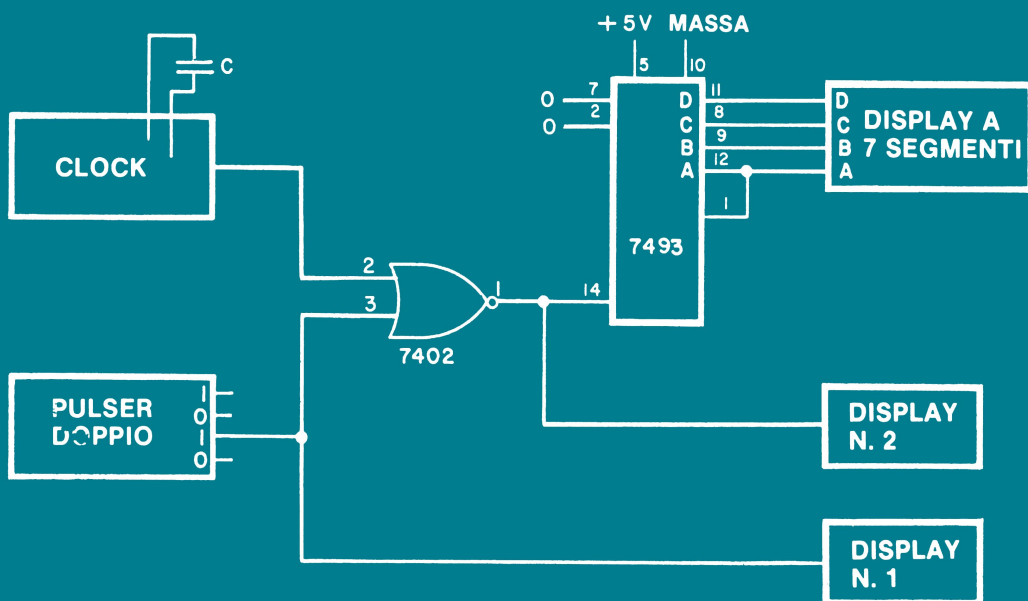
il BUGBOOK® I

ESPERIMENTI SU CIRCUITI LOGICI E DI MEMORIA UTILIZZANTI CIRCUITI INTEGRATI TTL

EDIZIONE ITALIANA

David G. Larsen
Peter R. Rony

JACKSON ITALIANA EDITRICE

+5V MASSA
C
CLOCK
7493
7402
DISPLAY A 7 SEGMENTI
PULSER DOPPIO
DISPLAY N. 2
DISPLAY N. 1

IL GRUPPO BLACKSBURG

I circuiti integrati a larga scala o "chips" LSI stanno creando una seconda rivoluzione industriale che ben presto ci coinvolgerà tutti. La velocità degli sviluppi in questo settore è enorme e diviene sempre più difficile stare al passo coi progressi che si stanno compiendo.

È sempre stato nostro obiettivo, come *Gruppo Blacksburg*, creare tempestivamente e concretamente materiali didattici ed aiuti tali da permettere a studenti, ingnegneri, tecnici, ecc. di sfruttare le nuove tecnologie per le loro esigenze particolari. Stiamo facendo questo in molti modi, con libri di testo, brevi corsi, articoli mensili di "computer interfacing" e attraverso la creazione di "hardware" didattico.

I membri del nostro gruppo hanno creato la loro sede a Blacksburg, fra le montagne Appalache del sud-ovest Virginia. Mentre era in corso di preparazione attiva la nostra collaborazione di gruppo, i membri si sono occupati di elettronica digitale, minicomputer e microcomputer.

Alcune nostre precedenti esperienze:

— Il progetto e la creazione del computer Mark-8, descritto nella rivista Radio-Electronics del luglio '74, riconosciuto come primo computer per hobbisti. Si basava sul chip 8008. Da allora abbiamo progettato il Micro Designer (MD-1) e il Mini-Micro Designer (MMD-1). Di quest'ultimo computer ha riferito sempre Radio Electronics nell'articolo relativo al Dyna-micro.

— La serie didattica *Bugbooks* comprende attualmente più di 15 titoli, che spaziano dall'elettronica di base, ai microcomputers, amplificatori operazionali e filtri attivi. In ogni libro vi sono esperimenti ed esempi. Siamo convinti dell'utilità di esperimenti ed esempi per rafforzare i concetti base. Questi libri sono stati tradotti anche in cinese, giapponese, tedesco e italiano.

— Siamo stati pionieri nell'uso di piccoli computers. La nostra linea di *OUTBOARDS*® rende il progetto e la prova dei circuiti molto più semplice di quanto è stato possibile nel passato. Il nostro hardware didattico viene commercializzato dalla E & L Instruments Inc. - Derby, CT 06418 Usa.

— I nostri programmi di corsi di breve durata sono stati presentati in tutto il mondo. Vengono offerte due serie di programmi, uno attraverso la Tychon Inc. e l'altro attraverso il Virginia Polytechnic Institute and State University Extension Division. Ognuno prevede esperimenti con l'elettronica digitale, e l'hardware e software dei microcomputer.
Sono previsti inoltre Continuing Education Units (CEUs). Vengono presentati corsi a gruppi aperti, società, scuole ecc.
Siamo convinti sostenitori dell'utilità degli esperimenti in questi corsi. Molto tempo perciò viene dedicato alla parte laboratorio.

— I nostri articoli mensili sull'"Interfacciamento dei Microcomputer" appaiono in quattro pubblicazioni specializzate a larga diffusione come pure in quattro periodici d'oltremare, che raggiungono circa 750.000 lettori.
Gli articoli vengono tradotti anche in tedesco e italiano.

Oltre alle attività didattiche, i nostri membri si sono occupati dello studio di software per microcomputer e automazione scientifica di strumentazione.

Mr. David Larsen e il dr. Peter Rony fanno parte della facoltà dei Dipartimenti di Chimica e Ingegneria Chimica del Virginia Polytechnic Institute e State University. Mr. Jonathan Titus e il dr. Christopher Titus fanno parte della Tychon Inc., tutti di Blacksburg, Virginia.

il BUGBOOK I

ESPERIMENTI SU CIRCUITI LOGICI E DI MEMORIA
UTILIZZANTI CIRCUITI INTEGRATI TTL

DAVID G. LARSEN
Department of Chemistry

PETER R. RONY
Department of Chemical Engineering

Virginia Polytechnic Institute & State University
Blacksburg, Virginia 24061
e
JONATHAN A. TITUS
Tychon, Inc.
Blacksburg, Virginia 24060

Versione italiana

ALDO CAVALCOLI
e
VALERIO SCIBILIA
Mipro s.r.l.
Via Carducci, 15
20123 Milano

JACKSON
ITALIANA
EDITRICE
Piazzale Massari, 22
20125 Milano

INTRODUZIONE ALL'EDIZIONE ITALIANA

La serie dei Bugbook ha rappresentato negli Stati Uniti una pietra miliare nella divulgazione e nell'insegnamento dell'elettronica digitale e delle tecniche di utilizzo dei microprocessori.

I testi sono sorti da esperienze didattiche degli autori, che svolgono attività di ricercatori e docenti presso il Virginia Polytechnic Institute and State University.

Questa esperienza scolastica ad alto livello è una delle caratteristiche più interessanti della serie dei Bugbook, che possono anche essere utilizzati come validi manuali di autoistruzione.

Nella preparazione dell'edizione italiana, abbiamo cercato il più possibile di mantenere lo stile colloquiale degli autori, che del resto dal punto di vista umano sono molto estroversi ed entusiasti della loro attività di ricercatori.

Abbiamo mantenuto molti termini tecnici inglesi sia per il diffuso utilizzo che se ne fa nella corrente terminologia elettronica, sia per familiarizzare il lettore con un certo linguaggio, che sempre più è presente nella letteratura tecnica.

Le apparecchiature descritte nei volumi e utilizzate negli esperimenti hanno avuto origine dall'attività di ricerca degli autori, secondo precise esigenze didattiche; queste apparecchiature sono prodotte dalla E-L Instruments.

Un particolare ringraziamento va a quanti hanno collaborato alla realizzazione della versione italiana dei Bugbook, l'Ing. Ettore Valsecchi, la Sig.na Daniela Fornari, la Sig. ra Rosaria Lucano, il Sig. Marcello Longhini, la Sig.ra Francesca Di Fiore ed il Sig. Giampietro Zanga ideatore della versione italiana dei Bugbook.

Un ringraziamento va anche alle organizzazioni che hanno reso possibile e agevolato il nostro lavoro:

MICROLEM S.a.S. - Via C. Monteverdi, 5 - 20131 Milano - distributore per l'Italia dell'apparecchiatura della E-L Instruments.

MIPRO S.r.l. - Via Carducci, 15 - 20123 Milano - società di consulenza minicomputers-microprocessor.

ELETTRONICA OGGI - Piazzale Massari, 22 - 20125 Milano - rivista mensile di elettronica, microelettronica e automazione professionale.

Milano, Gennaio 1979

Aldo Cavalcoli
Valerio Scibilia

SOMMARIO

CAPITOLO 3 - TABELLE DELLA VERITA'

CAPITOLO 4 - ALCUNI ESPERIMENTI PARTICOLARI CHE UTILIZZANO UN FOUR-DECADE COUNTER

CAPITOLO 5 - DECODER, DEMULTIPLEXER, MULTIPLEXER E SEQUENCER

PREFAZIONE

Benvenuti nel "meraviglioso mondo dell'elettronica digitale".
I nuovi esaltanti progressi di questo settore dell'elettronica influenzeranno profondamente il nostro modo di vivere. Questo manuale di laboratorio, contenuto in due volumi: Bugbook I e Bugbook II, rappresenta in un certo modo un approccio romanzato allo studio dell'elettronica digitale. Piuttosto che farvi iniziare, come normalmente avviene nei corsi introduttivi di elettronica, con esperimenti con *componenti* elettronici, quali *resistori, condensatori, diodi* e *transistori*, preferiamo farvi fare immediatamente conoscenza con i *chip di circuiti integrati*, i cosidetti "bugs" dei nostri Bugbooks. Vi introdurremo anche ai concetti di *switch logici, indicatori a LED, generatori di impulsi* e *display*: vi insegneremo come usare questi elementi e vi daremo la possibilità di effettuare 90 esperimenti basati sul collegamento tra circuiti integrati e i suddetti componenti. Pensiamo che *l'elettronica digitale* sia una materia più semplice da imparare per lo studente a digiuno di elettronica, di quanto non lo sia *l'elettronica analogica.* Dopo aver appreso l'elettronica digitale, proverete una necessità di approfondimento che renderà i vostri studi di elettronica analogica molto più interessanti e significativi.

Vorremmo ringraziare Mr. Murray Gallant e la E & L Instruments Inc. per averci reso possibile la pubblicazione dei Bugbooks e per il loro appoggio entusiasta e vigoroso al metodo di approccio all'elettronica digitale LR Outboards®. Il Dr. Jonathan A. Titus, Presidente della Tychon Inc. di Blacksburg, ha partecipato in maniera significativa alla progettazione ed alla realizzazione degli LR Outboards®. Se i singoli Outboards vi piaceranno dovrete ringraziare lui. Il dr. Roberts A. Braden ci ha fornito molti validissimi suggerimenti riguardanti il modo di migliorare questo manuale.

Bu Up Kim, uno studente del secondo anno di ingegneria chimica, ha effettuato ogni esperimento di questo manuale senza l'aiuto di una precedente esperienza in elettronica. Vorremmo ringraziarlo per gli sforzi da lui fatti per assicurarci la massima precisione degli esperimenti. Harry Goldman, un altro sudente del VPI&SU, ha lavorato moltissimo all'equipaggiamento didattico per il nostro corso di elettronica digitale; lo ringraziamo per la collaborazione. Infine il nostro sincero ringraziamento va a Bob Veltri, che ha fatto un eccellente lavoro di fotografia per le varie versioni degli Outboards, a James Ruggiero, per gli utili commenti sul software, e alla Southern Pringing per il suo continuo interesse e l'assistenza data nella pubblicazione di questo manuale. Un grazie speciale va alle nostre mogli Nancy e Myriam, per la loro pazienza e comprensione.
Negli Stati Uniti questo manuale è già alla ottava edizione. Questa edizione italiana corrisponde all'ultima versione apparsa sul mercato americano. Le configurazioni dei pin, dei circuiti integrati, gli schemi a blocchi, le forme d'onda digitali contenuti nei Bugbooks sono stati tratti dal "TTL Data Book for Design Engineers" della Texas Instruments Incorporated, e rappresentano una parte vitale di questo manuale; siamo perciò grati alla TI per averci permesso di usarli. Vorremmo anche ringraziare la Signetics Corporations e la Fairchild Semiconductor per averci permesso di usare alcune pagine delle loro pubblicazioni.

Abbiamo avuto l'opportunità di usare questo Bugbook per alcuni corsi tra studenti del primo anno di ingegneria, ingegneri, laureati di diversa estrazione. Persino i nostri figli di undici anni sono stati in grado di collegare circuiti moderatamente complicati. Questa esperienza giustifica la nostra convinzione che l'elettronica digitale è più facile dell'elettronica analogica.

David G. Larsen e *Peter R. Rony*
Virginia Polytechinc Institute & State University
Blacksburg, Virginia 24061

Gennaio 1979

CAPITOLO 1

IL SISTEMA DI BREADBOARDING CON GLI OUTBOARDS LR®

INTRODUZIONE ALLA RIVOLUZIONE NELL'ELETTRONICA

Questo manuale vi consentirà di effettuare esperimenti che dimostrano principi, concetti e applicazioni dei *circuiti integrati.* Così facendo, svilupperete capacità che vi permetteranno di partecipare ad una delle più esaltanti fra le più recenti rivoluzioni tecnologiche; la rivoluzione nell'elettronica.
Così la rivista ELECTRONICS si esprimeva alcuni anni fa nel suo articolo intitolato "The Great Takeover" (Il grande avvenimento):

> *"In che altro modo si può descrivere? Mai prima d'ora, industrie tecnologicamente sofisticate, giovani, con un'aggressività mozzafiato, si sono tanto diffuse in così poco tempo; quasi nessun settore della nostra vita è rimasto intoccato. Nuove, gigantesche industrie sono sorte, in sostituzione di vecchie industrie basate su altre tecnologie. E sempre più l'esistenza umana e l'elettronica sono legate a doppio filo".*
>
> *......ELECTRONICS, 25 Ottobre 1973*

Da qualche anno possiamo acquistare un calcolatore tascabile per poche migliaia di lire, calcolatore che può addizionare, sottrarre, moltiplicare e dividere numeri di otto cifre a virgola mobile; per una cifra non molto superiore possiamo acquistare un regolo calcolatore tascabile, che rende obsoleta la popolare versione meccanica; a meno di 500.000 lire un calcolatore tascabile programmabile con piccole schede magnetiche pre-programmate e infine, un minuscolo computer su un chip non più grande di un francobollo, che può, con l'aggiunta di diversi chip della stessa misura, effettuare la maggioranza delle operazioni aritmetiche che potevano eseguire i vecchi, enormi computer a valvole della metà degli anni cinquanta. Esistono già piccolissimi computer, chiamati *microprocessori*, per la casa, l'automobile, il lavoro e il gioco. E questo è solo l'inizio.
Negli appartamenti televisori a grande schermo saranno il centro di terminali domestici collegati via cavo con il mondo esterno. Questi terminali, insieme a piccoli dispositivi elettronici potranno:

- Comandare il sistema di riscaldamento e di illuminazione della casa.
- Richiedere un pronto soccorso
- Controllare che porte e finestre siano chiuse per la notte
- Effettuare operazioni di calcolo particolarmente difficili per i compiti di scuola o per uso professionale
- Ridurre la necessità di essere fisicamente presenti in altro luogo per fare certe cose, quali gli acquisti nel negozio di alimentari, fare un esame, prendere un libro in biblioteca, chiedere informazioni, assistere ad una conferenza, ecc.

Forse l'aspetto più piacevole della "rivoluzione nell'elettronica" (certamente lo è per il neofita) consiste nel fatto che diventa più facile capire e usare i nuovi chip di circuiti integrati che arrivano sul mercato ogni giorno. Un circuito complicato che avrebbe potuto essere collegato in una settimana da un tecnico elettronico verso la metà degli anni sessanta, oggi potrebbe essere collegato da uno studente di scuola media superiore, con modeste nozioni di elettronica digitale, in un pomeriggio. *L'elettronica digitale risulta semplificata e non resa più difficile dalla "rivoluzione nell'elettronica".*

Con questo manuale ci auguriamo di riuscire a comunicare parte del dinamismo e dell'interesse della "nuova elettronica", come è stata chiamata da molti questa rivoluzione. Non cercheremo di spiegare perchè il notevole dispositivo chiamato *chip di circuito integrato* funziona in quel certo modo. Questo tipo di informazione può essere ricavata da un buon numero di libri e di dispense che possono essere consultati dal lettore interessato. Vi daremo invece la possibilità di effettuare una vasta serie di esperimenti che, una volta completati, vi permetteranno di progettare i vostri circuiti, compresi i chip di circuito integrato, di sapere dove comprare i chip necessari e gli altri componenti che vi serviranno, di collegare i circuiti usando chip e componenti che avrete comprato e, infine, di mostrare il positivo funzionamento dei circuiti. In breve, il nostro scopo è quello di rendervi indipendenti e creativi: indipendenti da questo manuale e creativi nel senso che sarete in grado di concepire ed eseguire un vostro progetto di circuito integrato.

Buona fortuna!

INTRODUZIONE

In questo capitolo vengono presentati una vasta serie di esperimenti che vi aiuteranno a sviluppare la vostra competenza in un largo settore dell'*elettronica digitale*. Tutti gli esperimenti saranno fatti con elementi elettronici di basso costo: un *breaboard* o due, *funzioni ausiliarie* chiamate LR OUTBOARDS®, *fili, resistori, condensatori, una batteria* o un *alimentatore* e chip di circuito integrato, tutti leggeri e portatili; due proprietà che vi permetteranno di eseguire questi esperimenti praticamente dovunque; a casa, a scuola, sul lavoro o in una stanza d'albergo se state viaggiando. Col presente capitolo vi faremo acquisire quel minimo di esperienza nell'uso del sistema di collegamento provvisorio senza saldature (breadboarding) di circuiti LR OUTBOARDS® che vi metterà in grado di collegare con successo tutti i circuiti dati nei capitoli successivi.

OBIETTIVI

Alla fine di questo capitolo sarete in grado di

- Preparare qualsiasi esperimento dato nei successivi capitoli seguendo i passi, le istruzioni e/o gli schemi che vi verranno presentati.

- Dimostrare il funzionamento dei principali elementi elettronici di base nel sistema di breadboarding, OUTBOARDS® LR compresi

  alimentatori o batterie
  breadboard

switch logici
indicatori a LED
generatori di impulsi
clock
display a LED a sette segmenti
un chip tipico di circuito integrato
condensatori

- Identificare i simboli schematici *usati in questo manuale* per le seguenti funzioni ausiliarie:

  batteria o alimentatore
  indicatori a LED
  generatori d'impulsi
  clock
  display a LED a sette segmenti
  display a LED zero/uno

- Nonchè identificare i seguenti componenti:

  resistori
  condensatori
  diodi
  chip di circuito integrato

- Collegare le suddette funzioni ausiliarie e componenti per mezzo di un breadboard.

- Maneggiare le suddette funzioni ausiliarie, i componenti e il breadboard con cura sufficiente a far sì che nessuno venga rovinato durante l'intera serie di esperimenti dati in questo manuale.

- Riconoscere che la maggior parte dei circuiti elettronici digitali semplici è basata su due stati: uno stato logico 0 e uno stato logico 1 che normalmente corrispondono a tensioni di circa 0 volt e +5 volt nei circuiti integrati TTL.

SIMBOLI PER FUNZIONI AUSILIARIE E COMPONENTI

Che cosa è una funzione ausiliaria?

Considereremo *funzione ausiliaria* ogni singolo dispositivo elettronico richiesto per rendere operante un circuito elettronico digitale composto da chip, resistori, condensatori, ecc., collegabile per mezzo di fili su un breadboard. Tra i dispositivi che rientrano nella definizione di funzione ausiliaria figurano:

batterie
alimentatori
switch logici
indicatori a LED
generatori d'impulsi
clock
display
contatori
generatori di funzione
e altri

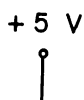
Tali dispositivi verranno descritti singolarmente man mano che saranno introdotti nel manuale.

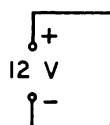
Perchè simboli e schemi?

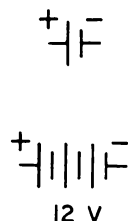
Un *simbolo* viene definito dall'Oxford English Dictionary un carattere scritto o segno usato per rappresentare qualche cosa; una lettera, cifra o segno convenzionalmente usato per indicare un oggetto, un processo, ecc.". In elettronica i simboli sono usati per rappresentare *componenti elettronici* quali resistori, condensatori, batterie, chip di circuiti integrati, diodi, transistor, diodi ad emissione di luce (LED), ecc. In questo libro impiegheremo i simboli in uso per questi componenti, ma in aggiunta useremo simboli anche per indicare le funzioni ausiliarie che appena abbiamo elencato.
Lo *schema* è semplicemente la rappresentazione stampata di componenti elettronici e funzioni ausiliarie collegati in maniera significativa; in questa rappresentazione vengono usati dei *simboli*.

Come discusso in COME LEGGERE GLI SCHEMI [Donald E. Herrington Howard W. Sams & Co., Inc.], negli schemi elettronici vengono usati simboli, perchè l'esperienza ha dimostrato che è il modo più facile e veloce per fornire la necessaria informazione.
I simboli semplici sono una specie di stenografia elettronica. Attraverso essi, un circuito digitale elettronico può essere realizzato a partire da uno schema in un tempo molto breve. In generale, l'uso di simboli permette di fornire tutte le informazioni necessarie del circuito entro uno schema relativamente piccolo, come si vedrà più avanti in questo capitolo. Lo schema è molto più semplice da seguire di una fotografia di un circuito completamente assemblato. Inoltre, poichè simboli elettronici e schemi sono generalmente standardizzati, possono essere facilmente interpretati da altre persone.

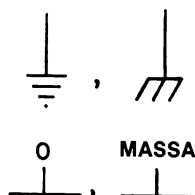
Tabella 1-1. Sommario dei simboli per componenti elettronici e funzioni ausiliarie.

SORGENTE DI TENSIONE

Una sorgente di tensione o alimentazione sarà indicata da questo simbolo e si supporrà riferita alla massa se non altrimenti indicato.

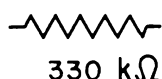
ALIMENTAZIONE

Un'alimentazione o sorgente di tensione rappresentata in un altro modo. In questi manuali, l'alimentazione sarà indicata da questo simbolo. La polarità e la tensione saranno di solito forniti.

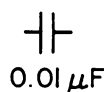
BATTERIA

Questo è il simbolo normale per una batteria ad un elemento. La stanghetta più breve rappresenta il polo negativo, mentre la più lunga rappresenta il polo positivo. I segni (−) e (+) possono mancare. Qualche volta è data anche la tensione.

Una batteria a più elementi sarà rappresentata con più stanghette. Di solito è data anche la tensione.

MASSA

Questi simboli indicano la massa, che alcune volte è abbreviata con GRD o GND (GROUND). Tutti i punti di un circuito con questo simbolo devono essere considerati allo stesso potenziale elettrico. Generalmente questo potenziale è considerato pari a 0 V.

Anche questi simboli indicano la massa e saranno spesso usati in questo manuale.

RESISTORE

Questo simbolo indica un resistore di valore costante. Di solito il valore del resistore è dato in ohm (Ω),kiloohm (kΩ) o megaohms (MΩ) dove kilo=1000 e mega = 1.000.000.

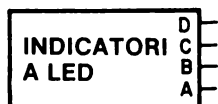
CONDENSATORE

Questo simbolo rappresenta un condensatore di valore costante. Di solito il valore del condensatore è dato in microfarad (μF), nanofarad (nF) o picofarad (pF) dove micro=10^{-6}, nano = 10^{-9} e pico = 10^{-12}.

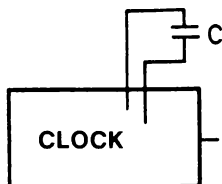
DIODO

Questo simbolo rappresenta un diodo. La direzione della freccia e la stanghetta indicano la polarità. Una corrente significativa passa attraverso il diodo solo quando è polarizzato direttamente, con l'*anodo* collegato al potenziale positivo rispetto al catodo, come è illustrato nella figura.

SWITCH LOGICI

Questo simbolo rappresenta un gruppo di quattro switch logici ed è una funzione ausiliaria di capitale importanza in quasi tutti i circuiti digitali. Le lettere A B C D rappresentano quattro bit di un *parola binaria* di *4-bit,* dove A è il *bit meno significativo* e D il *più significativo.*

INDICATORI A LED

Questo simbolo rappresenta un gruppo di quattro indicatori a LED che costituisce una funzione ausiliaria di capitale importanza in tutti i circuiti digitali. Come per gli switch logici, le lettere ABCD rappresentano i quattro bit di una parola binaria di 4-bit.

CLOCK

Questo simbolo rappresenta un clock, funzione ausiliaria che produce un'onda quadra da circa +5V a 0V. Di solito il valore della frequenza del clock viene dato in Hertz (Hz) o Kilohertz (kHz) dove un Hertz (Hz) è la frequenza corrispondente ad un ciclo/secondo. Una serie di *impulsi di clock* prodotta appunto da un clock, viene di solito detta *treno di impulsi* di clock.

GENERATORE DI IMPULSI
(Pulser)

Questo simbolo rappresenta un generatore di impulsi, una funzione ausiliaria che vi permette di dare un singolo *impulso* ad un circuito elettronico digitale. Le due uscite, o output, sono una il complemento dell'altra; un'uscita è 1 quando l'altra è 0 e viceversa. Se non viene indicato altrimenti, il generatore di impulsi è debounced, termine che spiegheremo più avanti.

DISPLAY A LED A SETTE SEGMENTI
(Seven-Segment Led Display)

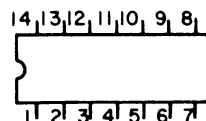
DISPLAY
A LED A 7
SEGMENTI
D
C
B
A

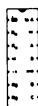
Questo simbolo rappresenta un display a diodi emettitori di luce (LED) a sette segmenti, funzione ausiliaria che ha la capacità di visualizzare sia dei numeri decimali da 0 a 9 che un gruppo di sei simboli che rappresentano i numeri decimali 10, 11, 12,13,14 e 15. Come nel caso degli switch e degli indicatori di monitor, le lettere A B C D rappresentano i quattro bit della parola binaria di 4 bit.

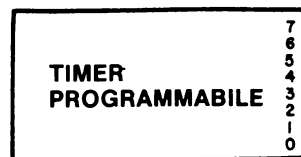
DISPLAY ZERO/UNO

DISPLAY
ZERO/UNO

Questo simbolo rappresenta un display zero/uno, funzione ausiliaria fatta di un display a LED a sette segmenti che può visualizzare il numero decimale 0 o 1 a seconda se l'ingresso è rispettivamente di 0 o +5 V.

CIRCUITO INTEGRATO
(Integrated Circuit Chip)

Questo è uno dei diversi, ma simili, simboli che vengono usati per rappresentare un circuito integrato.
Due sono le informazioni date dal simbolo: il sistema di numerazione dei pin e la funzione del circuito integrato corrispondente a ciascuno dei diversi pin che esistono.

BUGBACK®*

LR BUGBACK® è un simbolo che viene affisso sul retro dei circuiti integrati per evitare di dover ripetutamente guardare le specifiche del costruttore riguardo ai pin e alle funzioni. Il BUGBACK® riportato qui a sinistra è quello del contatore decimale 7490.

TIMER PROGRAMMABILE

Questo simbolo rappresenta l'uscita di un timer programmabile, nel quale le frequenze di clock possono essere generate in multipli della frequenza base per 1,2,4,8,16,32,64 o 128.
L'uscita "0" è la frequenza più bassa e la "7" è la più alta.

* BUGBACK® è un marchio registrato.

IL SISTEMA BREADBOARDING CON GLI OUTBOARDS® LR

Scopo

Il sistema di breadboarding con gli OUTBOARDS LR, si propone di dare un'esperienza pratica nel collegamento di circuiti elettronici digitali attraverso l'uso dei chip di circuito integrato, di funzioni ausiliarie e di componenti elettronici. Un rimarchevole aspetto dell'insegnamento dell'elettronica digitale, risiede nel fatto che si può raggiungere una notevole comprensione della costruzione dei circuiti digitali con l'aiuto di apparecchiature molto semplici, quali switch logici, indicatori a LED, generatori di impulsi e chip di circuito integrato, oltre ad un breadboard un clock e un display a LED a sette segmenti. Sono disponibili anche versioni semplificate del sistema di breadboarding e questo vi permetterà di sviluppare la vostra competenza nell'elettronica digitale come hobby. Si possono ottenere funzioni ausiliarie e breadboard supplementari per espandere gli scopi e le complessità dei circuiti elettronici digitali che vorrete collegare.

Con il sistema di breadboarding e l'aiuto di chip facilmente reperibili sarete in grado di realizzare la maggior parte degli esperimenti descritti in questo manuale. Gli esperimenti vanno da circuiti semplici che non richiedono chip, a circuiti complessi che richiedono fino a cinque o sei chip con 30/40 collegamenti.
Noi speriamo che l'approccio con il metodo degli OUTBOARDS all'elettronica digitale, dimostri l'interesse e la vitalità della tecnologia digitale a tutti coloro che seguono l'argomento.

Breadboard

Il breadboard è realizzato in modo che si adatti ai molti esperimenti che effettuerete nei vari capitoli di questo libro. Chip, condensatori, resistori e funzioni ausiliarie, così come l'alimentazione, sono tutti collegati direttamente al breadboard.

Nella figura 1-1 viene mostrata la parte superiore del breadboard conosciuto come *piastra SK-10* della E&L Instruments Inc.. Il breadboard contiene 64 x 2 gruppi di 5 terminali collegati elettricamente senza saldature, disposti lungo i lati di una stretta scanalatura centrale,

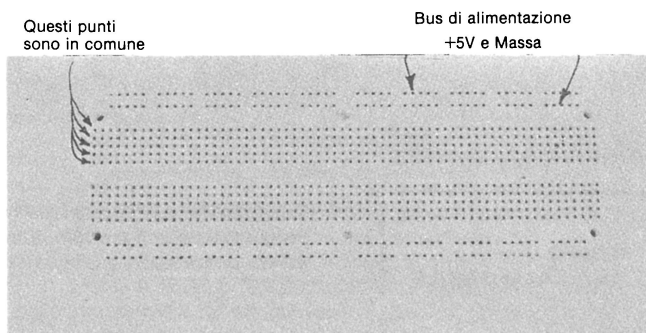
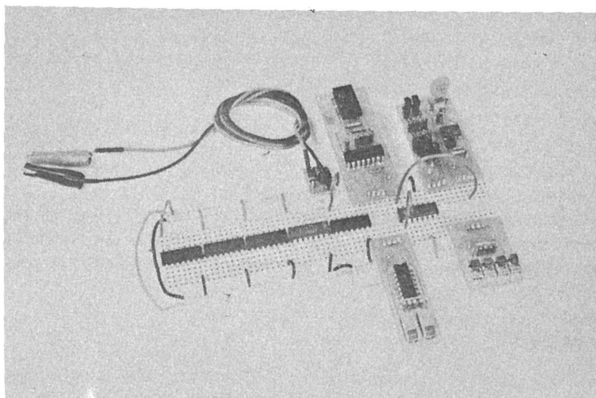



Figura 1-1. La piastra di breadboarding SK-10 della E&L Instruments Inc. Vedere figure 1-16 e 1-17.

e 8 gruppi di 25 terminali collegati elettricamente lungo i bordi. I gruppi centrali dei cinque terminali collegati elettricamente alloggiano i chip e permettono fino a 4 collegamenti ulteriori a ciascun pin dei chip più piccoli, di 14 e 16 pin. I gruppi di 25 terminali collegati elettricamente ai bordi hanno la funzione di fornire l'alimentazione ai chip e ai moduli di funzioni ausiliarie chiamati OUTBOARDS LR. Un campione di breadboard cablato senza fili, è mostrato nella figura 1-2. Notate la presenza di sei chip a 14 pin e cinque moduli di funzione ausiliaria Outboards LR.

Figura 1-2. Esempio di una piastra SK-10 cablata. I fili sono stati omessi per chiarezza.

Il breadboard è realizzato in plastica antiurto con un totale di 840 contatti a molla anti-corrosivi e ad alta resistenza di rottura, con una durata dei contatti superiore a 10.000 inserimenti di fili. I terminali non saldati accolgono fili # 22 e # 26. Studiate la disposizione del breadboard in modo da ricordarvelo quando collegherete i circuiti descritti nel libro.

L'Alimentazione e l'Outboard® di Alimentazione LR-1

Si può usare una qualsiasi sorgente di alimentazione c.c. con il sistema breadboarding purchè la sorgente fornisca non meno di +4,75 V e non più di +5,50 V ai quattro gruppi di 25 terminali collegati elettricamente lungo i bordi del breadboard. Raccomandiamo di collegare i gruppi di terminali esterni come nella figura 1-3.

Una batteria a +6 V è una sorgente di tensione portatile che può essere collegata al breadboard per mezzo dell'*Outboard di Alimentazione LR-1 (figura 1-4).* Quest'ultimo fornisce informazioni e controllo sulla tensione c.c. applicata al breadboard. Il diodo ad emissione di luce (LED) sull'Outboard di Alimentazione LR-1, indica quando al sistema di breadboarding viene applicata tensione; quando non vi è tensione; quando le prese a coccodrilli sono state

collegate alla batteria o ai terminali di alimentazione errati (in questo caso il LED sarà spento); e infine quando la tensione della batteria è bassa (in questo caso il LED sarà illuminato debolmente). Il diodo rettificatore sull'Outboard® di Alimentazione LR-1 previene conseguenze negative derivanti da collegamenti impropri delle prese a coccodrillo ai terminali della batteria. In questo caso non vi sarebbe tensione sul sistema di breadboarding e il LED non si illuminerebbe.

Figura 1-3. Esempio d'impiego di una batteria per l'alimentazione del breadboard. Un Outboard di Alimentazione LR-1 è tutto ciò che necessita per alimentare 50 terminali senza saldature. Gli altri 50 terminali sono legati ai primi da ponticelli che dovrebbero sempre restare inseriti.

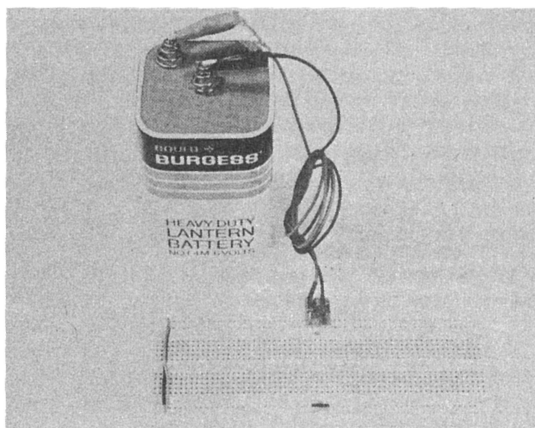
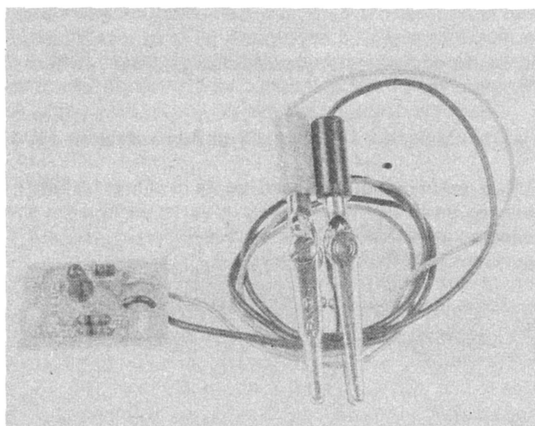
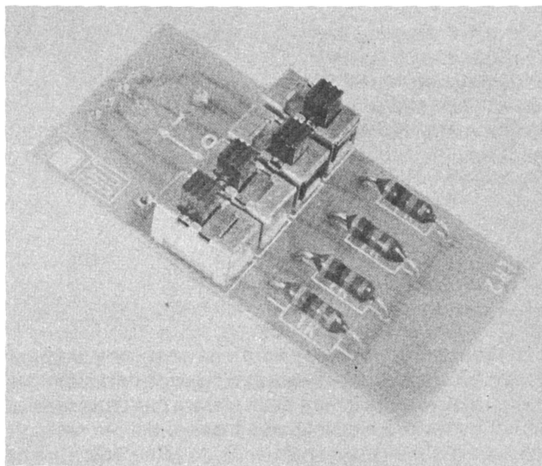



Figura 1-4. Primo piano dell'Outboard di Alimentazione LR-1.

L'Outboard® Switch Logici LR-2

Uno Switch Logico è un dispositivo meccanico che applica uno stato logico 0 o uno stato logico 1 ai suoi terminali di uscita. *L'Outboard Switch Logici LR-2®*, mostrato nella figura 1-5, utilizza 4 switch logici che commutano fra potenziale di massa (0 logico) e +5 V (1 logico). L'Outboard può essere collegato su uno qualsiasi dei due lati del breadboard, sempre che le due file esterne di terminali abbiano i ponticelli appropriati.

Figura 1-5. Primo piano dell'Outboard Switch Logici LR-2®.

Outboard® Display a LED a Sette Segmenti LR-4

Un *display* è un dispositivo che serve a visualizzare un segnale elettronico. Un tipo di display molto conosciuto ed efficace e il *display a LED a sette segmenti*, contenente sette segmenti spaziati in modo che le cifre da 0 a 9 possono essere rappresentate per mezzo dell'illuminazione selettiva di certi segmenti. *L'Outboard Display a LED a Sette Segmenti LR-4®* (figura 1-6) consiste, oltre che di un display a LED a sette segmenti Opcoa SLA-1, di sette resistenze di limitazione di corrente e di un chip di circuito integrato 7447 decoder/driver da BCD a sette segmenti. I quattro ingressi ABCD al chip 7447 sono usati per generare cifre da 0 a 9, cinque simboli e una condizione di blank. Alla destra del chip 7447 nella figura 1-6 vi sono tre ingressi che dall'alto al basso sono: l'INGRESSO DI BLANK (pin 5), l'USCITA DI BLANK (pin 4) ed il LAMP TEST (pin 3).

L'Outboard® Clock LR-5

Un *clock* è qualsiasi dispositivo che generi almeno un *impulso di clock*, che è un ciclo logico completo, cioè una transizione da 0 logico a1 logico e ritorno a 0 logico o viceversa.

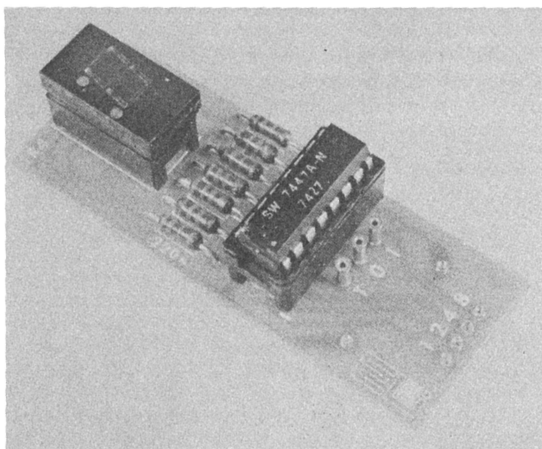
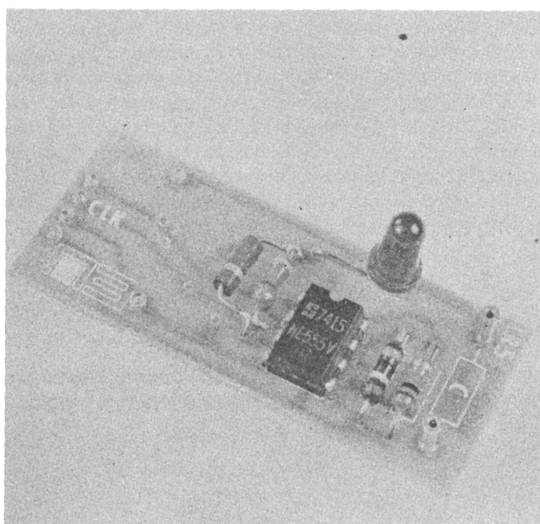
Figura 1-6. Primo piano dell'Outboard Display a LED a Sette Segmenti LR-4. Viene usato il codice 1248 invece del codice ABCD per i pin di input. La corrispondenza fra i due è la seguente.

L'Outboard Clock LR-5 genera una sequenza di impulsi di clock, chiamata anche *"treno" di impulsi di clock*, la cui frequenza dipende dal valore della capacità di temporizzazione inserita nei pin visibili sulla destra della piastra dell'Outboard come nella figura 1-7. Il polo negativo di un condensatore elettrolitico è inserito nel pin della piastra visibile sotto la scritta "LR-5". La frequenza di clock è generata da un timer 555. Una capacità di temporizzazione da 0,50 μF fornisce una frequenza di clock di 1,4 Hz. La frequenza di clock per una capacità di temporizzazione identica può variare tra $\pm$ 20% di questo valore. Il pin di uscita di clock di questo Outboard è contrassegnato dalla scritta "CLK" sulla piastra dell'Outboard stesso.

Figura 1-7. Primo piano dell'Outboard di Clock LR-5. La capacità di temporizzazione è inserita nei due pin della piastra fra i quali è la lettera C.

Outboard® Indicatori a LED LR-6

Un *Indicatore a LED* è un diodo ad emissione di luce che si illumina nello stato logico 1 e si spegne nello stato logico 0. Viene usato come display per segnali digitali binari. *L'Outboard Indicatori a LED LR-6* contiene 4 indicatori a LED sistemati in fila ad una estremità dell'Outboard. L'uso di "transistor lamp driver" riduce la corrente di ciascun indicatore al livello di 1,5 mA. L'Outboard è rappresentato nella figura 1-8 in basso.

Outboard® Generatore di Impulsi Duale (Pulser) Debounced LR-7

Un *generatore di impulsi (pulser)* è uno switch logico che genera un singolo impulso di clock. In uno switch logico meccanico, il rimbalzo del contatto (il formarsi e rompersi incontrollato di un contatto quando i contatti degli switch sono aperti o chiusi) è un avvenimento frequente. In alcune applicazioni digitali, questo rimbalzo, che produce una serie di impulsi di clock, non rappresenta un problema. Comunque, nella maggior parte dei circuiti digitali è assolutamente necessario che le uscite da un pulser rimbalzino liberamente in modo da consentirne l'uso in flip-flop, contatori e circuiti di contatori, memorie, shift register e circuiti digitali simili che richiedono impulsi di clock. *L'Outboard Generatore di Impulsi Duale (doppio) LR-7* utilizza 4 NAND gate a due ingressi per produrre un paio di generatori di impulsi *"debounced"* cioè generatori i cui impulsi non presentano rimbalzi di contatto.
Vi sono uscite supplementari "0" e "1" per ciascuno dei generatori di impulsi dell'Outboard LR-7 rappresentato nella figura 1-9. Per attivare i generatori di impulsi premere il pulsante di plastica verso l'interno (non in basso) con le unghie, o un piccolo cacciavite, la punta di una biro o un qualsiasi utensile a punta smussata.

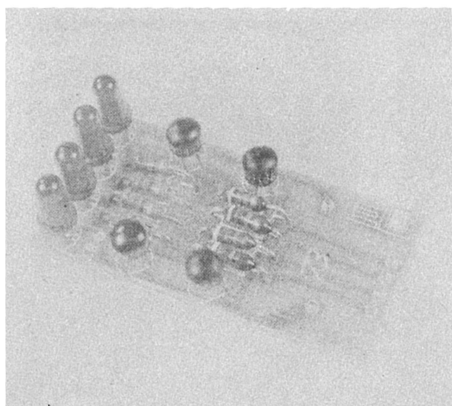



Figura 1-8. Primo piano dell'Outboard Indicatori a LED LR-6

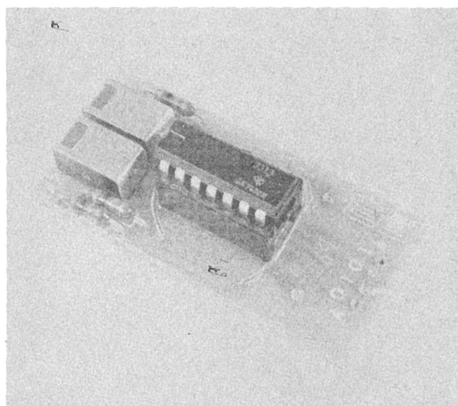



Figura 1-9. Primo piano dell'Outboard Generatore di Impulsi Duale LR-7

Figura 1-10C. Primo piano dell'Outboard Latch Display Singolo LR-26.

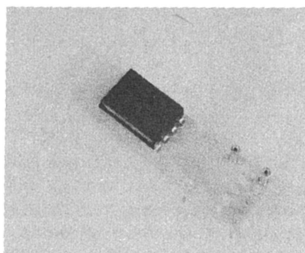



Figura 1-10A. Primo piano dell'Outboard Latch/Display Ottale LR-27.

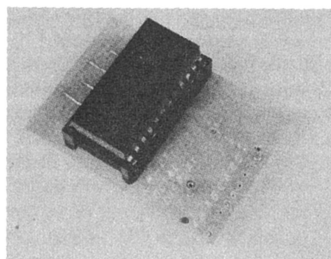
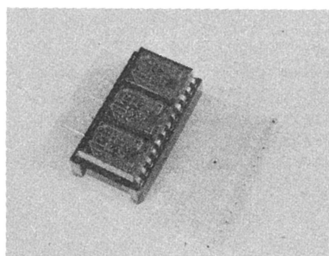



Figura 1-10B. Primo piano dell'Outboard Latch/Display Tre Digital LR-28.

Outboards® Latch/Display LR-26, LR-27 e LR-28

Questi *Outboards latch/display* si basano sulle numerose serie di indicatori esadecimali 5082-7300 fabbricati dalla Hewlett-Packard. Gli indicatori sono display a otto pin, decimali o esadecimali, con *decoder/driver* e *latch* incorporati. Diversamente dall'Outboard LR-4, il display indicatore è una matrice a 4 x 7 punti, molto facile da leggere. Questa matrice consente al chip dell'indicatore 5082-7340 di presentare *caratteri esadecimali*, cioè A,B,C,D,E e F. Il display presenta, per questi caratteri, dei blank. I codici binari, compresi i codici ottali ed esadecimali verranno discussi nel Capitolo 5.

L'Outboard Singolo LR-26 Latch/Display contiene un solo indicatore numerico o esadecimale. Cinque pin di ingresso all'Outboard consentono di collegare gli ingressi A,B,C, o D all'indicatore. Vi è anche un ingresso di "strobe"
L'Outboard Tre Digit LR-28 Latch/Display ha tre indicatori numerici o esadecimali e tre serie di pin di ingresso A,B,C, e D all'Outboard. Gli ingressi di strobe sono legati insieme a formare un singolo ingresso dell'Outboard.
L'Outboard Ottale LR-27 Latch/Display ha tre indicatori numerici con gli ingressi D a massa. Due serie di indicatori hanno a massa anche gli ingressi A,B, e C e la terza serie l'ingresso C. Gli ingressi di strobe sono legati insieme come nell'Outboard LR-28. Questo Outboard viene usato specificamente come bus monitor per un bus dati a otto bit, per esempio, in un microcomputer a 8 bit. Con esso potete leggere otto bit di dati paralleli come tre cifre ottali. Questi tre Outboard sono fotografati nelle figure 1-10A, 1-10B e 1-10C della pagina precedente.

Outboard® Stazione di Breadboarding LR-25

L'Outboard Stazione di Breadboarding LR-25 raggruppa i singoli Outboards LR-1, LR-2, LR-5, LR-6, LR-7 e LR-26 in un unico Outboard che funziona da stazione di breadboarding completa per gli esperimenti di questa serie di libri. Con questo Outboard potrete eseguire tutti gli esperimenti, eccetto quelli che richiedono display numerici o switch logici aggiuntivi. L'Outboard contiene quattro switch logici, due generatori d'impulsi debounced, otto indicatori a LED, uno zoccolo a 8 pin per un indicatore numerico o esadecimale dell'Hewlett-Packard, un ingresso di alimentazione con protezione a diodo ed un LED indicatore di "power on". L'Outboard viene mostrato nella figura 1-10D.

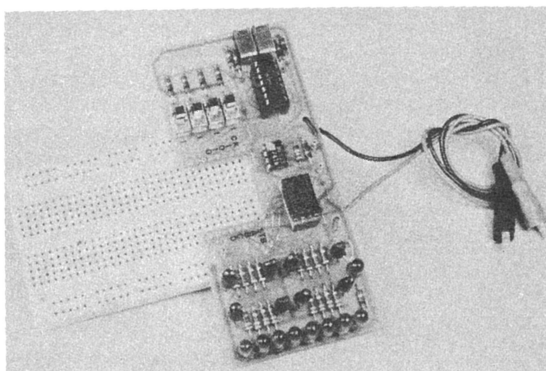



Figura 1-10D. Stazione di Breadboarding collegata ad una piastra SK-50. Questo sistema può accogliere tre chip di circuito integrato.

L'LR Circuit Design Powerpack

L'esistenza degli LR OUTBOARDS® ha reso preferibile la possibilità di utilizzare un alimentatore compatto e adatto a molti usi con una superficie piatta sulla quale possano essere saldamente ancorate una o più piastre SK-10. Nella figura 1-11 viene mostrato *l'LR Circuit Design Powerpack CDP-01*, il quale è stato particolarmente studiato per il sistema di breadboarding OUTBOARD LR. La piastra SK-10 è saldamente fissata al gruppo di alimentazione per mezzo di superfici Velcro® combinabili fra loro sulla parte superiore del gruppo e su quella posteriore della piastra (figura 1-12). Vorremmo mettere in rilievo il seguente punto:

> Se usate l'LR Circuit Design Powerpack *non avete bisogno dell'Outboard di Alimentazione LR-1.* Tenete sempre presente che l'Outboard di Alimentazione LR-1 funziona da interfaccia tra la piastra SK-10 e una batteria od un alimentatore esterno. Con il gruppo di alimentazione, l'alimentatore a +5 V è incorporato e può essere usato direttamente.

Le caratteristiche specifiche dell'LR Circuit Designer Powerpack sono:

- Uscita di 10 V c.a. senza fusibili (protezione da fusibile primario).
- Uscite di +24 V, non regolate, 250 mA (ogni linea non regolata è protetta da fusibile).
- Switch di corrente alta/bassa che controlla la massima corrente disponibile alle uscite ±15 V e +5 V.
- Uscite di ±15 V c.c., regolate, 250 mA (corrente massima) o 50 mA (corrente minima). Un LED indica il sovraccarico spegnendosi.
- Uscita di + 5 V, regolata, 750 mA (corrente massima) 100 mA (corrente minima). Un LED indica il sovraccarico spegnendosi.
- Uscita di massa.
- Due interruttori 1 polo - 2 posizioni S1 e S2.
- Un potenziometro lineare a cursore centrale da 10 kΩ.

La figura 1-11 mostra una piastra SK-10 contenente chip di circuito integrato e vari Outboards LR® saldamente ancorati alla superficie Velcro® del gruppo di alimentazione.

Figura 1-11. L'LR Circuit Design Powerpack con annessi una piastra SK-10, alcuni circuiti integrati e Outboards LR.

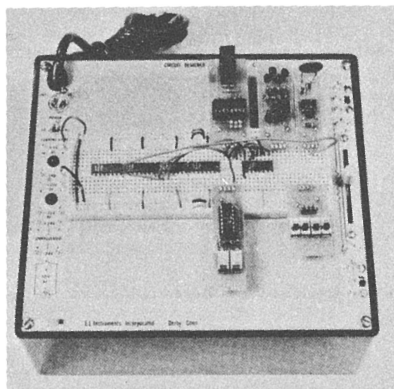



Figura 1-12. La parte posteriore di una piastra SK-10 della E&L Instruments Inc. sulla quale sono attaccate due strisce Velcro®.

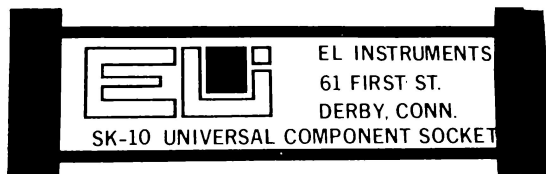
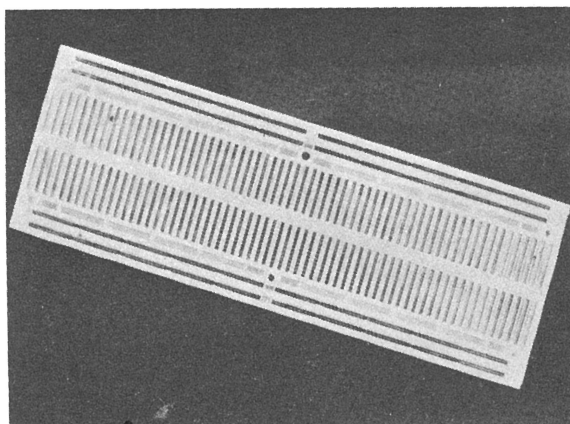
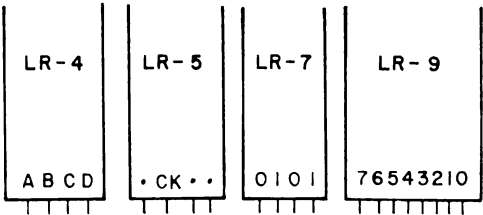
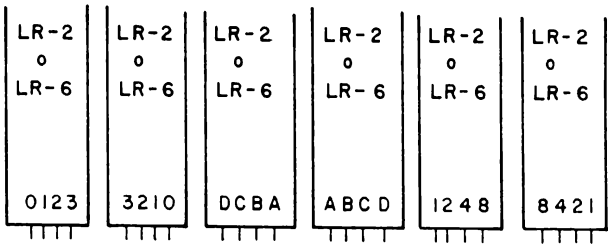



Figura 1-12A. La parte posteriore di una piastra SK-10, dalla quale è stato rimosso il materiale protettivo. Notate come i terminali senza saldature sono interconnessi.

Come si contrassegnano gli Outboards® LR

Nelle pagine precedenti abbiamo completato la descrizione dei sette Outboards LR inizialmente offerti dalla E&L Instruments, Inc. (per l'Italia Microlem S.p.A. - Milano). La disposizione dei pin di ingresso/uscita sugli Outboards LR-4, LR-5, LR-7 e LR-9 è contrassegnata come illustrato qui di seguito,

Per l'Outboard LR-4 può essere usata l'annotazione 1248 dove A=1, B=2, C=4 e D=8.

Il contrassegno per gli Outboards LR-2 e LR-6 è facoltativo e viene omesso. Scoprirete infatti che è conveniente cambiare lo schema dei contrassegni di questi due Outboard quando sono alle estremità opposte della piastra SK-10. Alcuni possibili schemi sono i seguenti:

Rivelazione e correzioni di un errore o sostituzione di una parte del sistema di Breadboarding Outboard LR. (Troubleshooting)

"Troubleshooting" può essere definito come l'individuazione della causa del "trouble", cioè dell'inconveniente e quindi la sua correzione. Il sistema di breadboarding Outboard LR comprende diverse funzioni ausiliarie, ciascuna delle quali può essere sostituita in brevissimo tempo. Se una di queste funzioni si guasta, chiedetene una in sostituzione al distributore italiano.

Regole per la preparazione dell'esperimento

In questo, come nei successivi Capitoli utilizzerete il sistema di Breadboarding Outboard LR per eseguire diversi esperimenti di elettronica digitale. Prima di accingervi ad eseguirli, vi raccomandiamo di porre attenzione ai seguenti suggerimenti:

1. Pianificate il vostro esperimento e proponetevi il risultato da ottenere.

2. Spegnete o disinserite qualsiasi tipo di alimentazione del breadboard e delle funzioni ausiliarie. Le sorgenti di tensione sono normalmente una batteria a +6 V o un alimentatore a +5 V.

3. Sgombrate il breadboard da tutti i fili e componenti usati nei precedenti esperimenti.

4. Collegate con molta attenzione il circuito elettronico digitale, utilizzando i chip, le funzioni ausiliarie e i componenti richiesti. Leggetevi la parte intitolata "suggerimenti utili", che troverete più avanti in questo stesso Capitolo, per quanto riguarda l'uso di pinze, zoccoli di circuito integrato, zoccoli zero-insertion e lunghezza dei fili.

5. Prestate particolare attenzione al posizionamento dei vari componenti e funzioni ausiliarie sul breadboard. Una sistemazione sensata degli switch logici, degli indicatori a LED e dei display a LED a sette segmenti, può ridurre al minimo la giungla dei fili da voi creata sul breadboard.

6. Controllate il circuito già realizzato per essere sicuri che non vi siano errori. Assicuratevi che non vi siano chip di circuito integrato inseriti al contrario sul breadboard, o che non vi siano circuiti integrati non collegati al potenziale di massa ed a +5 V.

7. Collegate o inserite l'alimentazione al LAST del breadboard. Se è disponibile, usate un limitatore di corrente sull'alimentatore per ridurre al minimo le probabilità di rovinare un chip collegato in maniera impropria. Se il funzionamento del circuito appare soddisfacente in condizioni di limitazione di corrente, potete commutare sul normale potenziale di corrente dell'alimentatore.

8. Assicuratevi di disinserire o togliere il collegamento dell'alimentazione dal breadboard quando terminate il lavoro della giornata.

9. Se incontrate termini che non vi sono familiari, andate alla fine di questo Capitolo e cercateli nell'elenco delle definizioni.

COME VENGONO PRESENTATE LE ISTRUZIONI PER GLI ESPERIMENTI

Le istruzioni per gli esperimenti sono presentate nel modo descritto qui di seguito.

Scopo

Sotto questo titolo si definiscono gli scopi dell'esperimento. È bene che abbiate sempre presente questo scopo durante tutta l'esecuzione degli esperimenti.

Configurazione dei pin dei circuiti integrati

Sotto questo titolo, col permesso della TEXAS INSTRUMENTS, INCORPORATED, vengono rappresentate le configurazioni dei pin di tutti i chip usati per l'esperimento. Il permesso per la configurazione dei pin del timer 555 ci è stato dato dalla SIGNETICS CORPORATION.

Schema del circuito

Sotto questo titolo viene rappresentato lo schema del circuito la cui realizzazioone è proposta nel corso dell'esperimento. Voi dovrete analizzare questo schema nello sforzo di arrivare alla totale comprensione del circuito *prima* di procedere oltre nell'esperimento.
Noi ci affideremo quasi esclusivamente all'uso degli schemi piuttosto che a fotografie, a figure rappresentanti il collegamento sulla piastra SK-10 e a spiegazioni dettagliate sul modo di collegare il circuito. *Vi incoraggiamo ad orientarvi verso l'uso di schemi quale vostro principale strumento per il collegamento dei circuiti digitali.* Prestate particolare attenzione al numero dei pin sui chip di circuito integrato. Non dimenticate i pin 7 e 14 (o 8 e 16, o 12 e 24, o 5 e 10, ecc.), che rappresentano il collegamento dell'alimentazione ai chip.

Passi

Sotto la denominazione di passo sequenziale, cioè Passo 1, Passo 2, Passo 3, Passo 4, ecc., saranno date le istruzioni dettagliate per la preparazione di singole parti dell'esperimento. In vari punti verranno poste anche delle domande. Ad esse dovrete rispondere, negli appositi spazi, *nel momento in cui eseguirete quella parte (Passo) dell'esperimento.* Dopo aver scritto la vostra risposta, controllate se viene data la risposta corretta nel testo che segue lo spazio bianco. Se così è e se le due risposte non collimano, assicuratevi di capire bene i motivi delle discrepanze e cercate, se vi riuscite, di correggere la vostra risposta prima di continuare con l'esperimento. Non tutte le risposte alle domande sono fornite nel testo di questo manuale. Però, è disponibile nella versione italiana un manuale per insegnanti contenente le risposte dettagliate e quindi in grado di aiutarvi nelle domande difficili di cui non troverete la risposta nel libro.

Domande

Termineremo ciascun esperimento con una o più domande per verificare:

a) la vostra piena comprensione dell'esperimento che avete appena terminato;
b) la vostra abilità nell'anticipare futuri esperimenti o problemi;
c) la vostra abilità nel correlare il materiale del testo con il materiale determinato attraverso la sperimentazione;
d) la vostra abilità nell'intuire o suggerire spiegazioni ragionevoli a domande di carattere più generale riguardanti il materiale che non avete ancora esaminato o incontrato. Il numero delle domande dipenderà dalla natura dell'esperimento e da quanto sarete avanti nello studio di questo libro. Negli ultimi Capitoli saranno poste meno domande.

Definizioni

Alla fine di ogni capitolo verranno date le definizioni per termini nuovi e nuovi concetti.

QUANTI ESPERIMENTI FARE?

In questo manuale ci sono almeno il doppio e forse il triplo degli esperimenti che si devono eseguire per ottenere una solida comprensione dell'elettronica digitale elementare. In altri termini, non crediate che sia necessario eseguire tutti gli esperimenti dati in ogni capitolo. Siate selettivi. Scegliete da un terzo alla metà degli esperimenti dati ed eseguiteli con molta cura. Quando un esperimento è particolarmente difficile, viene classificato tale. Gli esperimenti "difficili" possono richiedere due o tre ore per un corretto collegamento. Gli esperimenti dati sono sufficienti per l'intero corso di un anno accademico sull'elettronica digitale, basato su un'unica sessione di laboratorio settimanale di tre ore.

SUGGERIMENTI E CONSIGLI UTILI

Possono essere dati un gran numero di suggerimenti e consigli utili concernenti l'acquisto e l'uso di chip, funzioni ausiliarie, breadboard e altri componenti elettronici. Vorremmo citare di seguito i suggerimenti e i consigli più importanti.

Utensili

- Soltanto tre utensili sono realmente necessari per tutti gli esperimenti di questo libro:

  Un paio di pinze (es. Xcelite 5")

  Un cacciavite (sarà sufficiente un qualsiasi cacciavite economico che sia lungo dai 10 ai 13 cm con la punta larga 3÷4 mm)

  Uno spela fili

  Vi consigliamo di non acquistare altri utensili.

- Le pinze vengono utilizzate per raddrizzare o curvare le estremità dei fili usati per collegare i circuiti sul breadboard.
- Le pinze vengono anche usate per raddrizzare o piegare in posizione i pin dei chip.
- Le pinze vengono anche usate per piegare i terminali dei resistori e dei condensatori nella posizione corretta in modo che possano essere convenientemente inseriti sul breadboard.
- Lo spela fili viene usato per tagliare i fili nella misura desiderata e per spelare i capi per una lunghezza di circa 10 mm.

- Il cacciavite è eccellente per rimuovere un chip di circuito integrato. Si inserisce semplicemente il cacciavite nella scanalatura centrale del breadboard e delicatamente si solleva il chip dai terminali centrali.

- Il cacciavite serve anche a rimuovere la funzione ausiliaria OUTBOARD® LR dalle estremità del breadboard. Noi raccomandiamo un cacciavite corto di legno o di plastica che ha meno probabilità di danneggiare la saldatura sul retro della basetta del circuito stampato.
- Le pinze servono anche a inserire o a rimuovere fili dai terminali del breadboard. Ciò risulta particolarmente utile quando si è in presenza di una "giungla" di fili di un circuito digitale complesso.

Fili

- Si possono usare tre misure di fili con la piastra senza saldature SK-10:

  #22, #24, #26

- Noi preferiamo il filo #24, di cui abbiamo l'esperienza di almeno un anno di lavoro. Come seconda scelta raccomandiamo il #22.

- Noi abbiamo comprato i seguenti colori e le seguenti misure di fili #24:

  Filo rosso, 80 mm di lunghezza
  Filo nero, 80 mm di lunghezza
  Filo giallo, 160 mm di lunghezza
  Filo verde, 250 mm di lunghezza

  Vi sono anche altri colori che abbiamo ritenuto utili, mentre abbiamo preferito non cambiare le misure di base dei fili originariamente scelti.
  Gli altri colori sono:

  Filo bianco, 80 mm di lunghezza
  Filo azzurro, 150 mm di lunghezza
  Filo marrone, 150 mm di lunghezza
  Filo viola, 150 mm di lunghezza

- I fili per il collegamento sul breadboard devono essere singoli e non a treccia.

- Le estremità dei fili dovranno essere spelate ad una lughezza di 6÷7 mm dalla fine. Questa è la lunghezza ottimale dei fili spelati per il breaboard SK-10.

- Si deve poter disporre di almeno quattro-sei diversi colori di fili di collegamento per realizzare il breadboarding. Vi consigliamo di usare i fili più corti nei colori rosso e nero; questi sono i colori standard per i collegamenti a massa e a +5 V.

- Si è dimostrato utile tagliare a metà i fili rossi e neri di 80 mm di lunghezza. Ciò permette di fare collegamenti di scarso ingombro fra i chip e i bus di alimentazione.

Breadboarding

- Vi consigliamo un uso molto assennato delle lunghezze e dei colori dei fili quando si collega un circuito digitale complesso. Ci sono molti modi per farlo e lasciamo alla vostra immaginazione la determinazione del modo migliore.

- Non inserite mai un pin, o un filo o un altro dispositivo che sia troppo largo per il terminale del breadboard.

- Non inserite mai un filo piegato in un terminale del breadboard. Raddrizzatelo con una pinza prima di inserirlo.

- Cercate di mantenere un ingombro minimo dei fili in modo da poter vedere meglio i pin sui chip.

- Cercate di evitare di produrre una "giungla" di fili di colori e misure scoordinati.

- Sistemate le funzioni ausiliarie Outboard® LR e i circuiti integrati sul breadboard in modo da utilizzare interconnessioni con fili corti.

- Non inserite mai un chip di circuito integrato con uno o più pin piegati nel breadboard. Raddrizzare prima i pin con una pinza.

- Per chip costosi o a 40 pin, *usate gli zoccoli per circuiti integrati.*

- I collegamenti di fili migliori sono quelli che rimangono piatti dul breadboard senza bloccare i terminali non usati. Le lunghezze di fili di 25 ÷ 30 mm sono particolarmente adatti per il collegamento dei pin a +5 V o a massa (GRD) di un chip ai terminali di bus della piastra SK-10.

- Il gruppo esterno di 100 terminali sull'estremità del breadboard è formato da terminali del bus a +5 V. Assicuratevi che tutti e cento i terminali a +5 V siano collegati fra loro.

- Il gruppo interno di 100 terminali sul bordo del breadboard è formato da terminali del bus di massa. Assicuratevi che tutti e cento i terminali di massa siano collegati fra loro.

- I breadboard non costano molto. Forse vi interesserà avere più di un breadboard in modo da non dover disfare un circuito digitale per costruirne un altro.

- Se li avete, aggiungete dei Bugbacks® ai chip di circuito integrato che userete negli esperimenti.

- Programmate la costruzione del vostro circuito digitale sopra un foglio di carta millimetrata (il layout) ((fig. 1-13) prima di iniziare il breadboarding oppure si possono ottenere risultati equivalenti ponendo la piastra SK-10 sulla superficie piatta di una fotocopiatrice (fig. 1-14), come abbiamo fatto noi per questo manuale.

- I fori della piastra SK-10 all'inizio possono essere piuttosto rigidi. Siate cauti nell'inserire funzioni ausiliarie in una piastra nuova.

- Prima di disfare un circuito controllate l'esperimento successivo per vedere se utilizza lo stesso circuito di base.

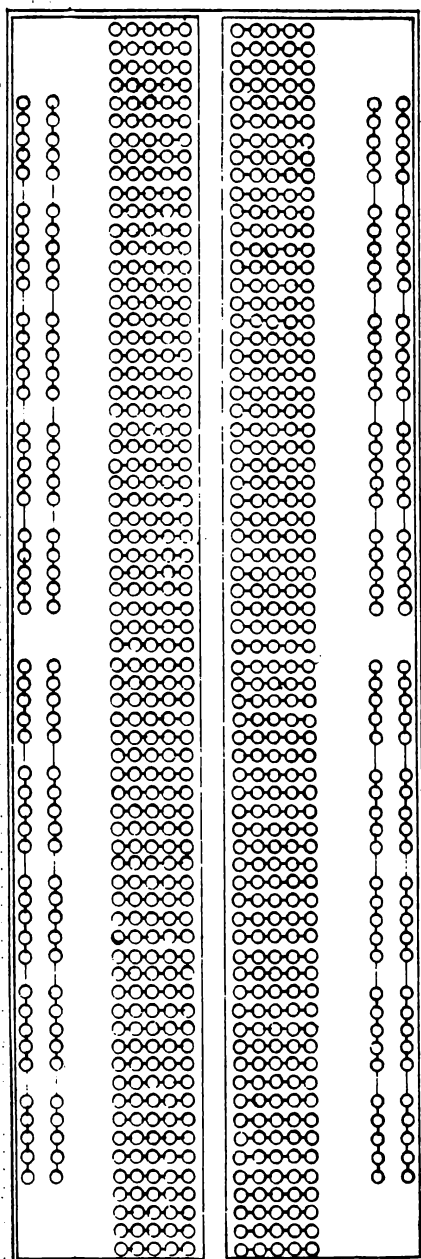



Figura 1-13. Carta millimetrata per layout.

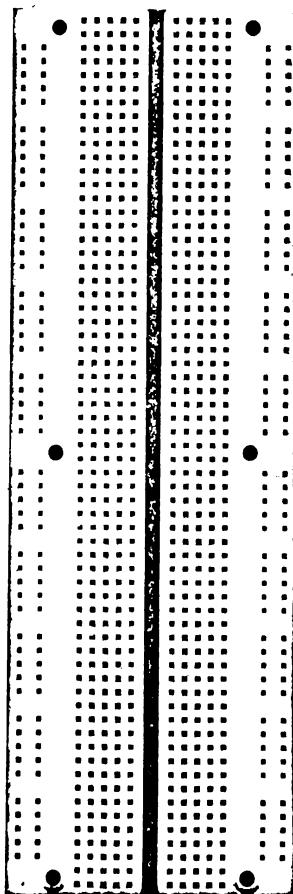



Figura 1-14. Abbiamo fatto molti di questi fac-simile di layout ponendo una piastra SK-10 sulla superficie piatta di una fotocopiatrice. Abbiamo usato quattro fogli di carta bianca intorno ai lati per ottenere un'impressione molto chiara della piastra.

Funzioni ausiliarie

- Trattatele con cura! Sono piuttosto costose.

- Per togliere un Outboard funzione ausiliaria della piastra SK-10, usate un utensile piatto, di legno o plastica possibilmente. Un utensile adatto potrebbe essere un cacciavite piccolo con del nastro isolante intorno alla punta per ridurre al minimo la possibilità di danneggiare il circuito stampato sul retro dell'Outboard.

- Il vostro circuito non si limita semplicemente a un indicatore a LED, uno switch logico, un generatore di impulsi od un Outboard di display a LED a sette segmenti. Usate tutti questi Outboard nel numero che ritenete opportuno per il circuito. Troverete interessante soprattutto l'Outboard del display a sette segmenti.

- I contrassegni dello switch logico LR-2 e dell'indicatore a LED LR-6 sono arbitrari. Contrassegnate i pin a quattro ingressi o uscite di questi due Outboards con ABCD o DCBA o 0123 o 1248 o come meglio credete.

- Ponete gli Outboards sulla piastra SK-10 uno di fronte all'altro per risparmiare più spazio possibile sulla piastra stessa.

- Secondo noi è più conveniente mettere tutti gli Outboards indicatori su un lato della piastra SK-10 e i generatori di impulsi e gli switch sul lato opposto. Gli Outboards di clock possono essere messi su uno e sull'altro lato.

- I pin di collegamento dagli Outboards alla piastra SK-10 sono un po' fragili. Potreste decidere di aumentare le saldature sul retro della base per forzarne l'attacco.

- Non mettete un chip di circuito integrato immediatamente di fronte ai pin di ingresso o di uscita di un Outboard. Ne risulterebbe un caos. Si danneggerebbero il chip o l'Outboard o tutti e due. Dovrete mettere i chip di fianco o in mezzo ad Outboard adiacenti che abbiano uno spazio fra loro di almeno sette o otto terminali senza saldature.

- Se le vostre unghie sono troppo corte usate un cacciavite o un utensile a punta smussata per far funzionare il generatore di impulsi. Ricordatevi di spingere il *pulsante del generatore di impulsi verso l'interno* e non verso il basso.

- Alla fine di questo libro vi sarà chiaro il funzionamento elettronico di tutti gli Outboards.

- L'Outboard Generatore di Impulsi Duale Debounced LR-7 è un supporto all'insegnamento molto utile. Vi consente di applicare uno o più impulsi di clock a intervalli di tempo irregolari, permettendovi così di osservare i display e scrivere le vostre osservazioni fra gli impulsi di clock.

- Tenete presente che gli Outboards possono essere usati anche su altri prodotti E&L Instruments, Inc. quali il Digi-Designer o la Serie Adam.

- State attenti a non piegare o rompere i due pin di alimentazione degli Outboards di funzione ausiliaria. Sono ancora più delicati dei quattro pin di ingresso/uscita. Noi sostituiamo pin di alimentazione rotti con i pin tagliati a metà e filettati.

Componenti e altri dispositivi elettronici

- In questo libro saranno richiesti vari tipi di resistori.
  Essi sono:

  Resistori pull-up da 1000 Ω per uscite di open collector in chip di circuiti integrati.

  Resistori di limitazione di corrente da 100 a 200 Ω per display a LED e display a LED a sette segmenti.

  Resistori di valori diversi per la definizione delle costanti di tempo RC.

- È richiesto un certo numero di condensatori per la definizione delle costanti di tempo RC in temporizzatori multivibratori monostabili. I valori più usati sono:

  100 pF
  200 pF
  500 pF
  0,001 μF
  0,002 μF
  0,005 μF
  0,01 μF
  0,02 μF
  0,05 μF
  0,10 μF (Mylar)
  0,22 μF (Mylar)
  0,50 μF (Mylar o elettrolitico)
  1 μF (elettrolitico)
  5 μF (elettrolitico)
  10 μF (elettrolitico)
  20 μF (elettrolitico)
  50 μF (elettrolitico)

- Abbiamo acquistato la maggior parte delle nostre resistenze e dei nostri condensatori alla GBC Italiana presso la quale sono disponibili anche diodi ad emissione di luce rossa, verde e gialla (LED) a un costo contenuto.

- Noi preferiamo il display a LED a sette segmenti OPCOA SLA-1. Il costo è ragionevole, e l'intensità di luce per segmento è buona. Lo preferiamo anche al Litronix Data Lit. 704.

- Il "readout" a LED a sette segmenti a 5 cifre della Hewlett Packard è un eccellente display.

Chip di circuiti integrati

- I chip di circuiti integrati a 14 e 16 pin possono generalmente essere inseriti direttamente sulla piastra SK-10. Assicuratevi che i pin non siano piegati e che siano perfettamente verticali. Usate un paio di pinze o una superficie piatta e dura per rimettere in posizione verticale, delicatamente, gruppi di 7 o 8 pin.

- I chip più costosi o quelli che hanno più di 24 pin dovrebbero essere collocati in uno *zoccolo di circuito integrato* prima di essere inseriti nel breadboard. Ciò dovrebbe prevenire la rottura dei pin e il danneggiamento del chip.

- Si possono usare *zoccoli di inserzione "zero-force"*, qualora fossero necessarie inserzioni e rimozioni ripetute di chip dal breadboard come nel caso di controllo dei chip per cattivo funzionamento. Questi zoccoli funzionano molto bene.

- I chip di circuito integrato della serie 7400 TTL sono attualmente abbastanza economici. Se siete accorti nel comperare potete risparmiare.

- Ordinate soltanto i chip in dual-in-line- package (DIP). I chip piatti "flat pack", che comunque non sono molto comuni sul mercato, non sono molto pratici da usare con il breadboard senza saldature SK-10.

- Tutti i chip sono forniti con il tipo e il colore di data (data-code) stampati sulla parte superiore. Alcuni chip portano dei numeri anche sulla parte posteriore. Cercate di non cancellare, rovinare o graffiare questi numeri. Studiate qualche sistema per poter identificare prontamente chip i cui numeri fossero parzialmente cancellati. Secondo noi i BUGBACK® della E&L servono molto bene al caso. (Un prodotto equivalente è disponibile anche presso la sede GBC).

- *Il danneggiamento dei chip è normalmente causato da un collegamento di alimentazione errato (+5 V al pin di ingresso di massa e la massa al pin di ingresso di +5 V). State attenti!*

- I pin di certi chip sono appuntiti mentre i pin di altri chip sono a punta piatta. Naturalmente i chip con i pin appuntiti sono molto più facili da inserire in un breadboard senza saldature.

- Per facilitare il riconoscimento della funzione e del numero dei pin e dei chip, si possono avere dalla E&L o dalla GBC delle speciali etichette, chiamate LR BUGBACKS®. Queste etichette, che vanno messe direttamente sulla parte superiore del chip, non subiscono danni se il chip si riscalda (basta che non scotti) e facilitano il riconoscimento dei pin senza dover ricorrere alle specifiche del costruttore.

- L'identificazione corretta della funzione dei pin sui circuiti integrati costituisce un dato molto importante nel collegamento dei circuiti elettronici digitali. Sicuramente vi saranno utili negli esperimenti i seguenti manuali d'istruzione delle case costruttrici di semiconduttori:

  The TTL Data Book for Design Engineers
  Texas Instruments Inc.

  "Signetics Digital Linear and MOS Handbook"
  Philips

  "Digital Integrated Circuits"
  National Semiconductor

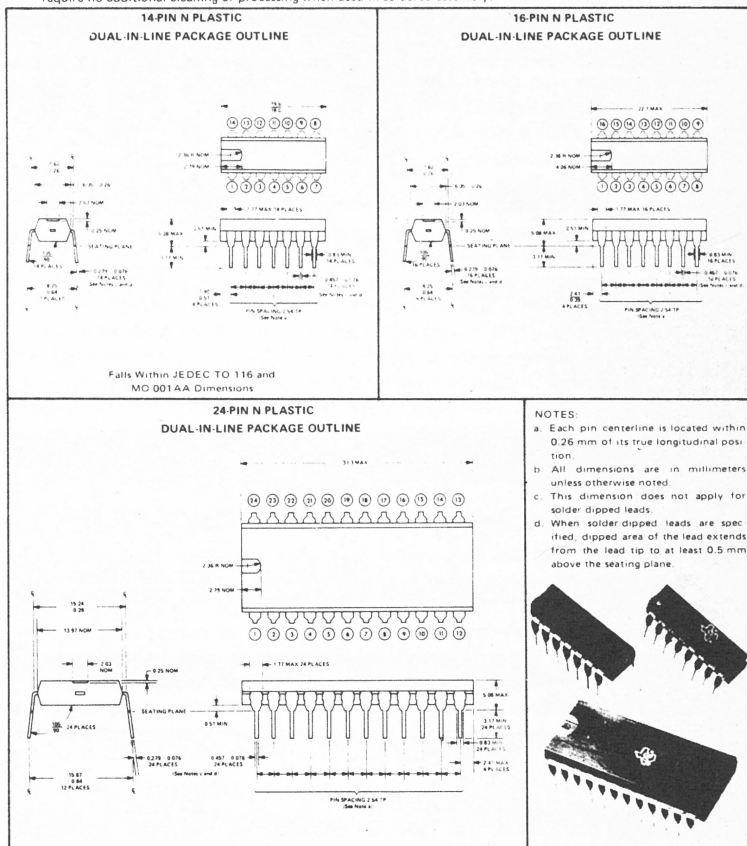
  Noi consideriamo questi manuali la nostra "Bibbia" quando ci accingiamo a collegare nuovi circuiti elettronici digitali. In genere non è necessario possederli tutti e tre. I primi due ci sembrano i più comprensibili per i chip della serie 54/74.

- A volte, riporre i chip può rappresentare un problema. Sarebbe meglio non metterli mai uno sopra l'altro perchè si potrebbero rovinare i pin. Sarebbe opportuno usare dei contenitori quali scatole di polistirolo, barattoli di vetro, o plastica o armadietti speciali di plastica, ecc.

- Di seguito diamo le dimensioni dei tipici chip in contenitore plastico in formato dual-in-line package (DIP). Le dimensioni sono in millimetri. Questi dati sono stati concessi dalla TEXAS INSTRUMENTS INCORPORATED.

TTL INTEGRATED CIRCUITS MECHANICAL DATA

N plastic dual-in-line packages (metric dimensions, see page 52 for inch dimensions)

These dual-in-line packages consist of a circuit mounted on a 14-, 16-, or 24-lead frame and encapsulated within an electrically nonconductive plastic compound. The compound will withstand soldering temperature with no deformation and circuit performance characteristics remain stable when operated in high-humidity conditions. These packages are intended for insertion in mounting-hole rows on 7.62-mm (or 15.24-mm) centers. Once the leads are compressed and inserted, sufficient tension is provided to secure the package in the board during soldering. Silver-plated leads (--00) require no additional cleaning or processing when used in soldered assembly.

- La numerazione dei circuiti integrati serie 7400 potrebbe creare confusione. Su questi chip normalmente troverete tre tipi di informazione:

  Il marchio, le iniziali o il nome del fabbricante
  Il codice di data del fabbricante
  Il numero della serie 7400 del chip

  Per voi è importante soltanto quest'ultimo. I maggiori fabbricanti dei chip serie 7400 sono:

  Fairchild Semiconductor
  ITT Semiconductors (ITT)
  Motorola Semiconductors (M)
  National Semiconductor (NS)
  Raytheon Semiconductor
  Signetics (S)
  Sprague Electric Company (Sprague)
  Stewart Warner Corp. (SW)
  Texas Instruments (Piccola mappa del Texas)

- Il codice di data sul chip fornisce la settimana e l'anno di fabbricazione. Pertanto un codice di data 7106 indica che quel chip è stato fabbricato nella sesta settimana del 1971. State attenti quindi alle confusioni che potrebbero sorgere per i chip fabbricati nel 1974. Il numero 7410 potrebbe, per esempio, voler dire che il chip è stato fabbricato nella decima settimana del 1974 oppure potrebbe indicare il NAND gate a tre ingressi tripli 7410.

- Per illustrare il riconoscimento dei chip consideriamo i seguenti esempi:

  1. Sprague 7106 US7400A: questo è un chip quand 2-input NAND gate fabbricato durante la sesta settimana del 1971.

  2. SW 7400-N 20231 7216: anche questo è un chip 7400 quand 2-input NAND gate fabbricato dalla Stewart Warner Corp. nella sedicesima settimana del 1972.

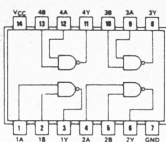
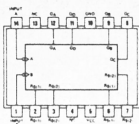
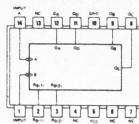
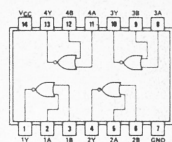
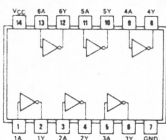
  3. S7319 N7400 AH: questo è un terzo chip 7400 quand 2-input NAND gate fabbricato, questa volta, dalla Signetics Corporation nella diciannovesima settimana del 1973.

  4. ITT 7402J 7307: chip 7402 quand 2-input NOR gate fabbricato durante la settima settimana del 1973.

  5. SW 7490-N 7304: 7490 decade counter fabbricato nella quarta settimana del 1973.

  6. NS 351 DM7489N: questa è una memoria 7489 64 bits RAM fabbricato dalla National Semiconductor nella cinquantunesima settimana del 1973.

  7. 7324 SN7440N Mappa del Texas: questo è un 7440 dual 4-input positive NAND buffer fabbricato dalla Texas Instruments nella ventiquattresima settimana del 1973.

- Nelle pagine seguenti abbiamo riassunto la "configurazione dei pin" della maggior parte dei circuiti integrati che utilizzeremo in questo libro. I diagrammi sono una concessione della TEXAS INSTRUMENTS INCORPORATED. Sono riportati gli schemi dei circuiti scelti per gli esperimenti di questo testo.

7400
7490
7493
7402
7404
7408
7432
74126
74107
7476
7474
7473
OUTPUTS
INPUTS
7447
7448
74121
7486
DATA INPUTS
CASCADING INPUTS
OUTPUTS
7485
74179
74H15
7422

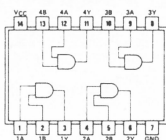
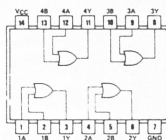
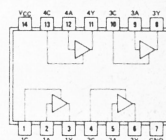



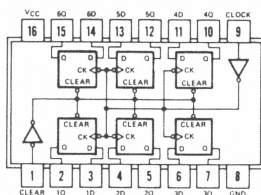
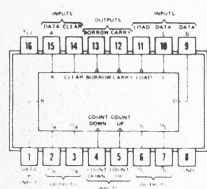
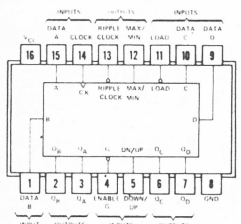
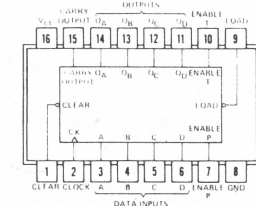
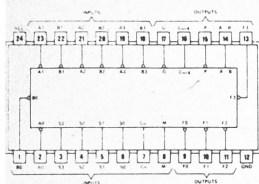
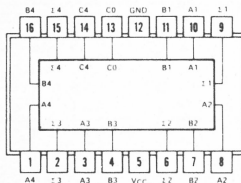
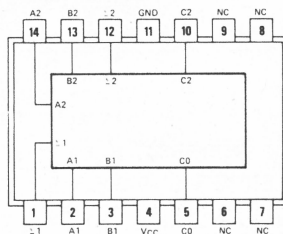
TABLE 1

SELECTION				ACTIVE-HIGH DATA		
				M = H	M = L; ARITHMETIC OPERATIONS	
S3	S2	S1	S0	LOGIC FUNCTIONS	C_n = H (no carry)	C_n = L (with carry)
L	L	L	L	$F = \overline{A}$	F = A	F = A PLUS 1
L	L	L	H	$F = \overline{A + B}$	F = A + B	F = (A + B) PLUS 1
L	L	H	L	$F = \overline{A}B$	$F = A + \overline{B}$	$F = (A + \overline{B})$ PLUS 1
L	L	H	H	F = 0	F = MINUS 1 (2's COMPL)	F = ZERO
L	H	L	L	$F = \overline{AB}$	$F =$ A PLUS $A\overline{B}$	$F =$ A PLUS $A\overline{B}$ PLUS 1
L	H	L	H	$F = \overline{B}$	$F = (A + B)$ PLUS $A\overline{B}$	$F = (A + B)$ PLUS $A\overline{B}$ PLUS 1
L	H	H	L	$F = A \oplus B$	F = A MINUS B MINUS 1	F = A MINUS B
L	H	H	H	$F = A\overline{B}$	$F = A\overline{B}$ MINUS 1	$F = A\overline{B}$
H	L	L	L	$F = \overline{A} + B$	F = A PLUS AB	F = A PLUS AB PLUS 1
H	L	L	H	$F = \overline{A \oplus B}$	F = A PLUS B	F = A PLUS B PLUS 1
H	L	H	L	F = B	$F = (A + \overline{B})$ PLUS AB	$F = (A + \overline{B})$ PLUS AB PLUS 1
H	L	H	H	F = AB	F = AB MINUS 1	F = AB
H	H	L	L	F = 1	F = A PLUS A*	F = A PLUS A PLUS 1
H	H	L	H	$F = A + \overline{B}$	F = (A + B) PLUS A	F = (A + B) PLUS A PLUS 1
H	H	H	L	F = A + B	$F = (A + \overline{B})$ PLUS A	$F = (A + \overline{B})$ PLUS A PLUS 1
H	H	H	H	F = A	F = A MINUS 1	F = A

*Each bit is shifted to the next more significant position.

TABLE 2

SELECTION				ACTIVE LOW DATA		
				M = H	M = L; ARITHMETIC OPERATIONS	
S3	S2	S1	S0	LOGIC FUNCTIONS	C_n = L (no carry)	C_n = H (with carry)
L	L	L	L	$F = \overline{A}$	F = A MINUS 1	F = A
L	L	L	H	$F = \overline{AB}$	F = AB MINUS 1	F = AB
L	L	H	L	$F = \overline{A} + B$	$F = A\overline{B}$ MINUS 1	$F = A\overline{B}$
L	L	H	H	F = 1	F = MINUS 1 (2's COMP)	F = ZERO
L	H	L	L	$F = \overline{A + B}$	$F =$ A PLUS $(A + \overline{B})$	$F =$ A PLUS $(A + \overline{B})$ PLUS 1
L	H	L	H	$F = \overline{B}$	$F =$ AB PLUS $(A + \overline{B})$	$F =$ AB PLUS $(A + \overline{B})$ PLUS 1
L	H	H	L	$F = \overline{A \oplus B}$	F = A MINUS B MINUS 1	F = A MINUS B
L	H	H	H	$F = A + \overline{B}$	$F = A + \overline{B}$	$F = (A + \overline{B})$ PLUS 1
H	L	L	L	$F = \overline{A}B$	F = A PLUS (A + B)	F = A PLUS (A + B) PLUS 1
H	L	L	H	$F = A \oplus B$	F = A PLUS B	F = A PLUS B PLUS 1
H	L	H	L	F = B	$F = A\overline{B}$ PLUS (A + B)	$F = A\overline{B}$ PLUS (A + B) PLUS 1
H	L	H	H	F = A + B	F = A + B	F = (A + B) PLUS 1
H	H	L	L	F = 0	F = A PLUS A	F = A PLUS A PLUS 1
H	H	L	H	$F = A\overline{B}$	F = AB PLUS A	F = AB PLUS A PLUS 1
H	H	H	L	F = AB	$F = A\overline{B}$ PLUS A	$F = A\overline{B}$ PLUS A PLUS 1
H	H	H	H	F = A	F = A	F = A PLUS 1

74164
74165
74166
7491
7480
74174
logic: Low input to load sets Q_A = A, Q_B = B, Q_C = C, and Q_D = D
74192, 74193
asynchronous inputs: Low input to load sets Q_A=A, Q_B = B, Q_C = C, and Q_D = D
74190
74160 to 74163
74181
7483
7482
RESULTANT DISPLAYS USING '46A, '47A, '48, '49, 'L46, 'L47
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15
TEXAS INSTRUMENTS
INCORPORATED
POST OFFICE BOX 5012 • DALLAS, TEXAS 75222

DEFINIZIONI

Uno degli ostacoli più seri che incontrerete nello studio dell'elettronica digitale è costituito dal linguaggio tecnico. In ogni capitolo vi forniremo la definizione dei termini e dei concetti più importanti. Oltre il 70% dei termini elencati qui di seguito (quanto indicato fra parentesi corrisponde alla terminologia inglese) saranno usati nei relativi capitoli.

Alimentatore (Power supply)	Un'unità che fornisce alimentazione ad un'altra unità. Cambia la ac in cc e mantiene un'uscita a tensione costante entro i limiti(1).
Batteria (Battery)	Una sorgente di tensione c.c., composta da due o più celle che trasforma energia chimica in energia elettrica.
Breadboard	Supporto usato per collegare temporaneamente un circuito o per provare la fattibilità di un circuito, dispositivo, sistema ecc.
Breadboarding	L'azione di usare un breadboard per collegare temporaneamente con fili un circuito elettrico.
Capacità (Capacitance)	Quella proprietà che, in un condensatore o sistema di conduttori e dielettrici, consente di immagazzinare cariche separate elettricamente quando esistono differenze di potenziale fra i conduttori. La capacità di un condensatore è la definizione del rapporto fra la carica elettrica che è stata trasferita da un elettrodo all'altro e la risultante differenza di potenziale fra gli elettrodi. Il valore di questo rapporto dipende dalla grandezza della carica trasferita. L'unità di capacità è il Farad: C (Farad) = Q (Coulomb)/V (Volt).
Chip di circuito integrato (Integrated circuit chip)	Termine in gergo, generalmente, usato per indicare un circuito semiconduttore completo e funzionante.
Circuito (Circuit)	L'interconnessione di un certo numero di dispositivi in uno o più tracciati chiusi allo scopo di eseguire una funzione elettrica desiderata(1).
Circuito integrato	Abbreviato in IC. (1) Una combinazione di elementi di circuito intercollegati, associati indivisibilmente entro o sopra un substrato continuo. (2) Qualsiasi dispositivo elettronico in cui sia gli elementi attivi che quelli passivi sono contenuti in un'unica confezione. In elettronica digitale, il termine viene normalmente riferito a circuiti contenenti elementi semiconduttori(1).
Circuito logico (Logic circuit)	Un circuito (normalmente elettronico) che fornisce un rapporto di ingresso-uscita corrispondente a una funzione logica di algebra Booleana.(1)
Clock	(1) Qualsiasi dispositivo che generi almeno un impulso di clock. (2) Un dispositivo di temporizzazione di un sistema: normalmente fornisce una serie continua di impulsi di temporizzazione.(1)

Collegamenti ai pin (Pin connections)
Collegamenti effettuati ai pin di un chip di circuito integrato.

Collegamento (Connection)
(1) Il collegamento di due o più parti o componenti in modo da generare conduzione fra loro. (2) Il punto in cui avviene tale collegamento.[1]

Complemento (Complement)
Il binario opposto di una variabile o funzione.
Il complemento di 1 è 0; ed il complemento di 0 è 1, perciò, per esempio, il complemento di 011010 è 100101.[1]

Componente (Component)
Una parte funzionale essenziale di un subsistema o di un apparecchio. Può essere un qualsiasi elemento con una funzione specifica, o può essere composto da una combinazione di parti, assiemi, accessori.[1]

Condensatore (Capacitor)
Un dispositivo composto essenzialmente da due superfici conduttrici separate da un materiale isolante o dielettrico, quale aria, carta, mica, vetro, pellicola di plastica o olio. Un condensatore immagazzina energia elettrica, blocca il flusso di corrente diretta e consente il flusso di corrente alternata a un grado che dipende essenzialmente dalla capacità e dalla frequenza.[1]

Contatore decimale (Decade counter)
Un dispositivo logico con 10 stati stabili che può essere ciclato attraverso questi stati con l'applicazione di 10 ingressi di clock o di impulso. Un contatore decimale normalmente conta in sequenza binaria dallo stato 0 allo stato 9 e indietro allo 0. Qualche volta lo si definisce contatore divisore per 10.[1]

Corrente (Current)
Il movimento di elettroni attraverso un conduttore.
È misurata in Ampere e il suo simbolo è I.[1]

Dati digitali (Digital data)
Dati rappresentati in forma discreta e discontinua, in contrasto con i dati analogici che sono rappresentati in forma continua. I dati digitali sono normalmente rappresentati da caratteri codificati (numeri, segni, simboli, ecc.).[1]

DCBA
(o ABCD) Rappresentazione del codice binario decimale (BCD). A = posizione 2^0; B = posizione 2^1; C = posizione 2^2; D = posizione 2^3. Questa nomenclatura viene spesso usata nelle tabelle della verità e nelle specifiche delle funzioni ausiliarie e dei chip di circuito integrato.

Decisione logica (Logical decision)
La capacità di un computer di effettuare una scelta fra due alternative; fondamentalmente la capacità di rispondere si o no a certe domande di base, riguardanti uguaglianza e grandezza relativa.[1]

Diagramma logico (Logic diagram)
Nei progetti logici, un diagramma rappresentante gli elementi logici e le loro interconnessioni (intercollegamento) ma non necessariamente la loro costruzione e i dettagli di engineering.[1]

Digit
Uno dei simboli 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9, utilizzato nella numerazione base 10.[1]

Digitale (Digital)	(1) L'uso di numeri espressi in cifre e in una certa scala di notazioni per rappresentare tutte le variabili presenti in un problema. (2) Appartenente, o riferito, a un classe di dispositivi o circuiti in cui le uscite variano in passi discreti (cioè, impulsi o operazioni di on-off). (3) Appartenente o riferito a un elemento o circuito la cui uscita viene utilizzata come funzione discontinua del suo ingresso.(1)
Diodo (Diode)	Un dispositivo semiconduttore a due elettrodi che utilizza le proprietà di rettificazione di una giunzione PN (diodo a giunzione) o di una punta metallica a contatto del materiale semiconduttore (diodo del punto di contatto). Chiamato anche diodo di cristallo, diodo rettificatore e diodo semiconduttore.(1)
Diodo ad emissione di luce (LED) (Light-emitting diode-LED)	Abbreviato LED. Una giunzione PN che emette luce visibile quando viene polarizzata direttamente.(1)
Display	Un dispositivo che consente una presentazione visualizzata di un segnale elettronico.(1)
Display a sette segmenti (Seven-segment display)	Un display elettronico che contiene sette linee o segmenti spaziati in modo tale che le cifre da 0 a 9 possono essere rappresentate attraverso l'illuminazione selettiva di certi segmenti.
Dispositivi logici (Logic devices)	Componenti digitali che eseguono funzioni logiche. Essi possono far passare o inibire la trasmissione di segnali secondo l'applicazione, la rimozione o le combinazioni di segnali di ingresso.
Dispositivo (Device)	(1) Una singola parte elettronica convenzionale, come un resistore o un transistor od un circuito microelettronico. (2) Un congegno meccanico, elettrico e/o elettronico che serve ad uno scopo specifico.(1)
Dual-in-line package (DIP)	Un tipo di confezione di circuiti integrati. La forma normale è un contenitore di plastica, lungo circa 3/4 di pollice e largo 1/3 di pollice, con due file di pin con una distanza fra i loro centri di 0,1 pollice. Abbreviata in DIP.(1)
Elemento di logica (Logical element)	In un computer o sistema di eleborazione dati, blocchi di costruzione più piccoli che un operatore può rappresentare in un sistema appropriato di logica simbolica. Tipici elementi di logica sono l'AND gate (porta AND) e il flip-flop.
Elemento logico (Logic element)	Un dispositivo che esegue una funzione logica; un gate (porta) o un flip-flop, o, in qualche caso, una combinazione di questi dispositivi trattata come entità singola.(1)
Elettronica digitale (Digital electronics)	Appartenente a quel settore dell'elettronica riguardante componenti digitali, dispositivi e circuiti.

Elettronico
(Electronic)

(1) Appartenente a quella branca della scienza che tratta il moto, l'emissione e il comportamento di correnti di elettroni liberi, specialmente nel vuoto, in gas o fototubi e in conduttori speciali o semiconduttori. Aggettivo che contrasta con elettrico e che si riferisce al flusso di grandi correnti in conduttori di metallo. (2) Appartenente o relativa a dispositivi, circuiti o sistemi che utilizzano il principio del flusso elettronico attraverso un semiconduttore; per esempio, comando, apparecchio, strumento, circuito elettronico.[1]

Filo
(Wire)

Un conduttore cilindrico o una treccia di conduttori cilindrici a bassa resistenza al flusso di corrente, con relativo isolante. Misure di fili adatte per il breadboarding di circuiti digitali elettronici sono il #22 ed il #24.

(Filo di collegamento)
(Hookup wire)

Il filo usato per collegare circuiti.
Può essere unico o a treccia. Normalmente è un trafilato di rame stagnato e isolato dal n° 18 al n° 26.[1]

Frequenza
(Frequency)

Simbolizzata da F o da ν. Il numero di ricorrenze di un fenomeno periodico in una unità di tempo. La frequenza elettrica viene specificata in numero di Hertz.[1]

Funzione ausiliaria
(Auxiliary function)

Qualsiasi dispositivo elettronico separato necessario per rendere operante un circuito elettronico composto da chip, resistori, condensatori, ecc. che sia collegato con fili su un breadboard.

Funzione logica
(Logical function)

Una delle funzioni di algebra Booleana AND, OR e NOT, o una combinazione di queste.[1] Combinazioni fra le più importanti in elettronica digitale sono NAND, NOR, EXCLUSIVE OR, AND-OR-INVERT, ecc.

Generatore di impulsi
(Pulser)

Uno switch logico che genera un impulso di clock.

Impulso
(Pulse)

(1) La variazione di una quantità di valore normalmente costante. Questa variazione è caratterizzata da una ascesa a una caduta di durata definita. (2) Un improvviso cambio di tensione che convoglia informazioni a un circuito. (3) Un impulso di clock.

Impulso di clock
(Clock pulse)

Un ciclo completo, cioè un passaggio da 0 logico a 1 logico e indietro a 0 logico, o un passaggio da 1 logico a 0 logico e indietro a 1 logico.

Indicatore luminoso
(Lamp monitor)

Un dispositivo elettronico digitale generalmente illuminato nello stato logico 1 e spento nello stato logico 0.

Integrazione a media scala - MSI
(Medium-scale integration - MSI)

Circuiti integrati che funzionano da sistemi logici semplici e autonomi, quali contatori decimali, o shift register a cinque bit. Questi chip possono contenere fino a 100 gate. Abbreviato, MSI.[1]

Integrazione a piccola scala - SSI (Small-scale integration - SSI)	Circuiti integrati che funzionano solo come gate semplici o flip-flop. Questo tipo di chip normalmente contiene da dieci a venti gate. Abbreviato in SSI.
Intercollegamento (Interconnection)	Il collegamento fisico per mezzo di fili fra componenti (al di fuori di un modulo), fra moduli, fra unità o fra parti più grandi di un sistema o più sistemi.(1)
Livello logico (Logic level)	Uno dei due stati possibili: 0 o 1.(1)
Logica (Logic)	(1) La scienza che tratta i principi di base e le applicazioni delle tabelle della verità, dello switching, del gating, ecc. (2) Vedere Progetto Logico. (3) Chiamata anche logica simbolica. Un approccio matematico alla soluzione di situazioni complesse attraverso l'uso di simboli per la definizione di concetti di base. I tre simboli logici di base sono AND, OR e NOT. Usati in algebra Booleana questi simboli sono più o meno analoghi alla addizione e alla moltiplicazione. (4) In computer e in reti di informazione-elaborazione è il metodo sistematico che governa le operazioni eseguite sull'informazione; normalmente un passo influisce su quello successivo. (5) Il programma sistematico che definisce le interazioni dei segnali nel progetto di un sistema, per l'elaborazione automatica dei dati.(1)
Masssa (Ground)	(1) Un collegamento metallico con la terra per stabilire un potenziale di massa. (2) Il punto di riferimento della tensione in un circuito. Un collegamento reale col suolo può esserci o no, ma resta sottinteso che un punto nel circuito di cui si dice che è potenziale di massa potrebbe essere collegato al suolo senza recare disturbo al funzionamento del circuito in alcun modo. (3) Nei circuiti elettronici digitali, la massa è generalmente lo stato logico 0.(1)
Microelettronica (Microelectronics)	L'intero corpo della tecnica elettronica connessa o applicata alla realizzazione di sistemi elettronici con parti elettroniche miniaturizzate.(1)
Presa a coccodrillo (Alligator clip)	Una presa a molla con ganasce lunghe e dentellate usata per collegamenti elettrici temporanei.
Progetto logico (Logic design)	La sintetizzazione di una rete di elementi logici allo scopo di eseguire una funzione specifica. In elettronica digitale, questi elementi logici sono dispositivi elettronici digitali, quali gate, flip-flop, decodificatori, contatori, ecc.
Resistenza (Resistance)	Una proprietà dei conduttori che, secondo le loro dimensioni, il materiale e la temperatura, determina la corrente prodotta da una data differenza di potenziale; quella proprietà di una sostanza che crea un'impedenza della corrente e una dissipazione della potenza in forma di calore. L'unità di misura della resistenza è l'ohm, cioè la resistenza attraverso la quale una differenza di potenziale di un volt produce una corrente di un ampère.(1)

Resistore (Resistor)	Un dispositivo inserito in un circuito elettrico per l'introduzione di una determinata resistenza.[1]
Schema (Schematic diagram)	Una rappresentazione scritta di componenti elettronici, funzioni ausiliarie, dispositivi, ecc., collegati in modo utile.
Segnali digitali (Digital signals)	Segnali discreti o discontinui i cui vari stati distano ad intervalli discreti.[1]
Simbolo (Symbol)	Un disegno semplificato rappresentante una parte di uno schema di circuito.[1]
Simbolo logico (Logic symbol)	Un simbolo usato per rappresentare un elemento logico in un grafico.[1]
Sistema logico (Logic system)	Un gruppo di elementi logici interconnessi che agiscono in modo combinato per eseguire una funzione logica relativamente complessa.[1]
Sorgente luminosa (Lamp)	Un dispositivo per la generazione di luce.[1] Un dispositivo che emette luce visibile quando viene applicata corrente.
Stato (State)	Le condizioni all'uscita di un circuito che rappresentano lo 0 logico e l'1 logico.[1]
Switch logico (Logic switch)	(1) Un dispositivo meccanico che genera uno stato logico 0 o uno stato logico 1. (2) Una matrice di diodi o altro sistema di commutazione che può dirigere un segnale di ingresso ad una uscita selezionata fra diverse altre.[1]
Tabella della verità (Truth table)	Una tabulazione che evidenzia la relazione fra tutti i livelli logici di uscita di un circuito digitale e tutte le possibili combinazioni di livelli logici di ingresso, in modo da caratterizzare le funzioni del circuito in maniera completa.[1]
Tensione (Voltage)	(1) Pressione elettrica, cioè, la forza che causa il flusso della corrente attraverso un conduttore elettrico. (2) Simbolizzata da E. La massima differenza effettiva di potenziale fra due conduttori in un circuito.
Uscita digitale (Digital output)	Un segnale di uscita che rappresenta la misura di uno stimolo o segnale di ingresso sotto forma di una serie di quantità discrete codificate per rappresentare cifre in un sistema di notazione numerica. Si deve distinguere questa uscita da quella che fornisce un segnale d'uscita continuo invece che discreto.[1]
Volt	L'unità di misura della forza elettromotrice. È equivalente alla forza richiesta per produrre una corrente di un ampère attraverso una resistenza di un 1 ohm. Abbreviata in V.[1]
+5 Volt	In elettronica digitale, è normalmente lo stato logico 1.
0 logico (Logic 0)	Uno dei due valori di un segnale di cifra binaria. Se il segnale è una tensione lo 0 logico è normalmente il più basso dei due livelli di tensione.[1] Spesso indica la massa.
1 logico (Logic 1)	L'opposto di 0 logico. Spesso è +5 V.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

In questo manuale di laboratorio, vengono fatti, con l'indicazione di un numero fra parentesi, riferimenti ai seguenti testi:

(1) Rudolf F. Graf, *"Modern Dictionary of Electronics"*, Howard W. Sams & Co., Inc., Indianapolis, 1972.

Uno dei principali ostacoli che incotrerete nel campo dell'elettronica digitale è il linguaggio. Che cos'è un multiplexer? Che cos'è un gate EXCLUSIVE-OR? Questi e molti altri termini sono definiti in questo eccellente volume. La Howard W. Sams & Co. ci ha gentilmente permesso di usare molte delle ottime definizioni di Rudolf F. Graf in questo libro.

(2) J. Blukis e M. Baker, *"Practical Digital Electronics"*, Hewlett-Packard Company, 5301 Stevens Creek Blvd., Santa Clara, California 95050, 1974. Il numero di classificazione della HP per ogni copia è 05035-90002.

Un punto di vista moderno in un libro ben scritto sull'elettronica digitale. Non è però un trattato esauriente.

(3) M. Bird e R. Schmidt, *"Practical Digit Electronics: Laboratory Workbook"*, Hewlett-Packard Company, Santa Clara, California, 1974.

Vengono forniti ventisei esperimenti in materia di elettronica digitale dai gate alle memorie. Riguarda solo una parte limitata dei circuiti integrati 7400.

(4) H. V. Malmstadt e C. G. Enke, *"Digit Electronics for Scientists"*, W. A. Benjamin, Inc. New York, 1969.

Un magnifico libro che si addentra nei molti aspetti dell'elettronica digitale e della strumentazione digitale.

(5) H. V. Malmstadt C. G. Enke, e S.R. Crouch, *"Instrumentation for Scientists Series"*. W. A. Benjamin, Inc. Menlo Park, California, 1973 e 1974.

Modulo 1. Electronic Analog Measurements and Transducers.
Modulo 2. Control of Electrical Quantities in Instrumentation.
Modulo 3. Digital and Analog Data Conversions
Modulo 4. Optimization of Electronic Measurement (con G. Horlick)

Volume completo rilegato: *"Electronic Measurement for Scientists"*.
Se lo studio dell'elettronica vi ha entusiasmato, vorrete sicuramente comprare la serie di quattro moduli o il testo rilevato, che descrive, molto dettagliatamente, come applicare i principi dell'elettronica, sia analogica che digitale, alle misurazioni fisiche e alla strumentazione.

(6) D.E. Lancaster, *"TTL Cookbook"*, Howard W. Sams & CO., Inc., Indianapolis, 1974.

Noi apprezziamo molto questo libro poichè è il solo sul mercato che tratta esclusivamente di circuiti TTL e della serie di chip 7400. Concepito per gli hobbisti, questo libro contiene molti suggerimenti pratici per l'uso dei chip TTL.

(7) A. James Diefenderfer, *"Principles of Electronic Instrumentation"*, W. .B. Saunders Company, Philadelphia, 1972.

Libro ben scritto, ma la trattazione dei chip di circuito integrato e dell'elettronica digitale è troppo limitata.

(8) J. D. Lenk, *"Handbook of Logic Circuits"*, Reston Publishing Company, Inc. Reston, Virginia, 1972.

Contiene più di 200 circuiti logici. Un ottimo manuale o libro di riferimento per lo studente di elettronica digitale già introdotto e che sia interessato a studiare come funzionano contatori, shift register e circuiti integrati.

(9) F. M. Mins, III, *"LED Circuits & Projects"*, Howard W. Sams & Co., Inc., Indianapolis, 1973.

Indirizzato agli hobbisti, questo libro è uno dei migliori testi di pratica attualmente disponibile sull'argomento dei diodi ad emissione di luce e dei display a LED.

RIVISTE E PUBBLICAZIONI

Se volete mantenere un aggiornamento sui progressi in elettronica digitale o nel campo dell'elettronica in generale, sarete molto probabilmente, interessati ad una o più delle seguenti riviste. Vi consigliamo di prendere in prestito dalle biblioteche le riviste che si avvicinano di più ai vostri interessi.

- *"Electronics"*, Mc Graw-Hill Publishing Co., 1221 Avenue of The Americas, New York, N.Y. 10020.
- *"Electronic Design"*, 50 Essex Street, Rochelle Park, N.Y. 07662.
- *"Computer Design"*, Circulation Department, Box Q, Winchester, Mass. 01890.
- *"The Electronic Engineer"*, One Decker Square, Bala Cynwyd, Pa., 19004.
- *"Electronic Products"*, United Technical Publications, 645 Stewart Avenue, Garden City, N.Y. 11530.
- *"Radio-Electronics"*, Gernsback Publication, Inc., 200 Park Avenue South, New York, N.Y. 10003.
- *"Ham Radio Magazine"*, Communications Technology, Inc., Greenville, New Hempshire 03048.
  Questa rivista è specializzata in comunicazioni.
- *"Elettronica Oggi"*, Jackson Italiana, Editrice, Piazzale Massari 22, 20125 Milano
- *"L'Elettronica"*, Jackson Italiana Editrice, Piazzale Massari 22, 20125 Milano

INTRODUZIONE AGLI ESPERIMENTI

I seguenti esperimenti sono progettati per la dimostrazione del funzionamento dei principali blocchi di costruzione nel sistema di breadboarding con gli Outboard LR. Per realizzare questi esperimenti vi occorrono le seguenti funzioni ausiliarie:

- Outboard Alimentazione LR-1
- Outboard Switch Logico LR-2
- Outboard Display a LED a sette segmenti LR-4
- Outboard Clock LR-5
- Outboard Indicatore a LED LR-6
- Outboard Generatore d'Impulsi Doppio LR-7

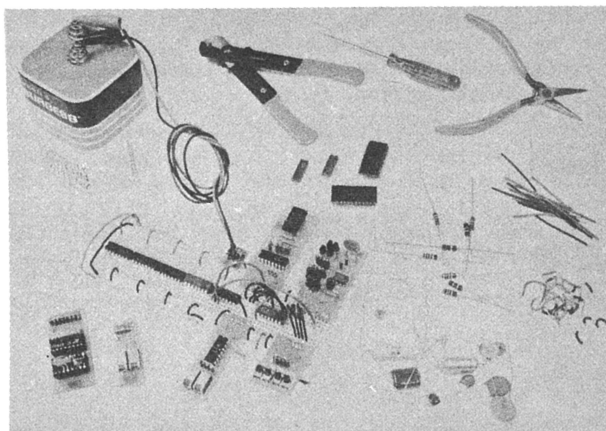
In alternativa, potete effettuare la maggioranza degli esperimenti di questo libro con lo

- Outboard Stazione di Breadboarding LR-25

che contiene le funzioni digitali LR-1, LR-2, LR-4 (sotto forma di un latch/display LR-26), LR-5, LR-6 e LR-7 in un unico board di circuito stampato. Oltre alle suddette funzioni, dovrete avere fili // 24 in diversi colori e lunghezze, condensatori da 0,03 a 1,0 μF, e il chip di circuito integrato 7490.

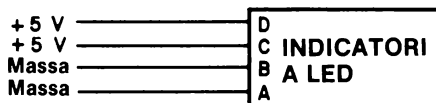
Questa è l'ottava edizione del libro e la prima edizione in lingua italiana. Dalla terza edizione abbiamo introdotto diversi altri Outboard inseriti negli esperimenti dal N° 9 al N° 13. Probabilmente preferirete l'Outboard di Display di Latch LR-26 all'Outboard di display a sette segmenti LR-4. Così come preferirete l'Outboard di latch/display a tre cifre LR-28 a tre Outboard LR-4.

Se non lo avete ancora fatto, leggete le "Regole per la preparazione di un esperimento" che vi sono state date precedentemente nelle pagine di questo capitolo. Nella figura 1-15 qui di seguito, vengono mostrati i tipi di hardware che normalmente adopererete per questo libro. Il sistema di breadboarding al completo è portatile e gli esperimenti possono essere eseguiti ovunque.

Figura 1-15. Un sistema di breadboarding completo non richiede molto hardware: saranno sufficienti una piastra, una batteria, alcuni chip, fili resistori, condensatori e alcuni utensili.

ESPERIMENTO N. 1

Scopo

Questo esperimento dimostra gli stati logici 1 e 0 con l'uso di indicatori a LED. L'esperimento vi farà acquisire esperienza nell'effettuare collegamenti con la piastra di breadboarding SK-10.

Schema del circuito

Passo 1

Studiate attentamente la piastra di breadboarding della figura 1-28. Noterete che vi sono otto gruppi di 25 terminali senza saldature collegati elettricamente sui bordi esterni della piastra e 128 gruppi di 5 terminali senza saldature collegati elettricamente nel centro della piastra. Una scanalatura lungo la parte centrale della piastra separa i 128 gruppi in due gruppi di 64. Girate la piastra. Noterete allora la carta adesiva lungo il dorso con la pubblicità della E&L Instruments, Inc.. Non dovete mai toglierla. Potreste cortocircuitare i collegamenti.

Passo 2

Studiate attentamente le disposizioni mostrate nelle figure 1-17 e 1-18. Se avete un Circuit Designer Powerpack (un gruppo di alimentazione per progettazione di circuiti), tralasciate l'Outboard di Alimentazione LR-1® e collegate i gruppi esterni dei terminali non saldati direttamente alle uscite a +5 V e a massa del Circuit Designer Powerpack, come descritto nella figura 1-17. Se non avete il Powerpack, allora seguite la disposizione della figura 1-18. Inserite delicatamente l'Outboard di Alimentazione LR-1 in modo che ricopra quattro gruppi di 25 terminali senza saldatura, collegati elettricamente su un bordo della piastra SK-10. Collegate i 4 ponticelli aggiuntivi come nella figura 1-18. Con l'aiuto di questi ponticelli abbiamo ora 100 terminali senza saldature a potenziale di massa (0 volt) e 100 a circa +5 V. Non collegate ancora le prese, cosiddette "a coccodrillo", (già collegate ai fili dell'Outboard di Alimentazione LR-1) alla sorgente di tensione.

Passo 3

Osservate la disposizione della figura 1-19. Noterete che abbiamo aggiunto un altro Outboard, cioè l'Outboard Indicatore a LED LR-6. Abbiamo messo l'Outboard in questa posizione per una ragione che apparirà evidente in un esperimento successivo. Inserite delicatamente l'Outboard LR-6 nella piastra SK-10

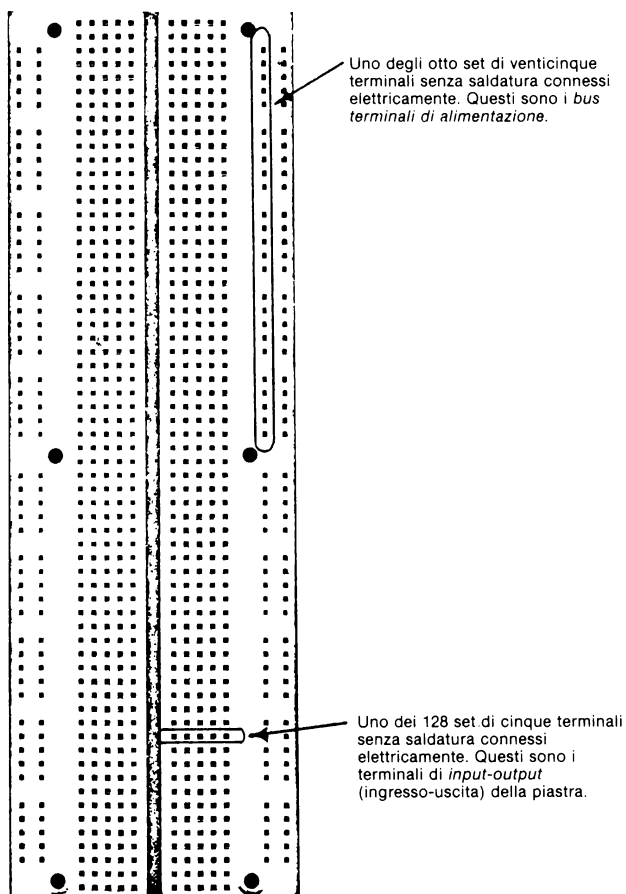



Figura 1-16. La piastra SK-10 della E&L Instruments Inc. Questo breadboard di uso universale contiene 840 contatti a molla anti-corrosivi, ciascuno dei quali ha una vita media presumibile di 10.000 contatti. Ci sono 128 gruppi di 5 terminali senza saldatura collegati elettricamente nel centro e 8 gruppi di 25 terminali senza saldature collegati elettricamente lungo i bordi. Un adesivo di carta sul dorso della piastra previene il cortocircuito di gruppi di terminali adiacenti che potrebbe essere causato da un accumulo di polvere e altri materiali conduttori.

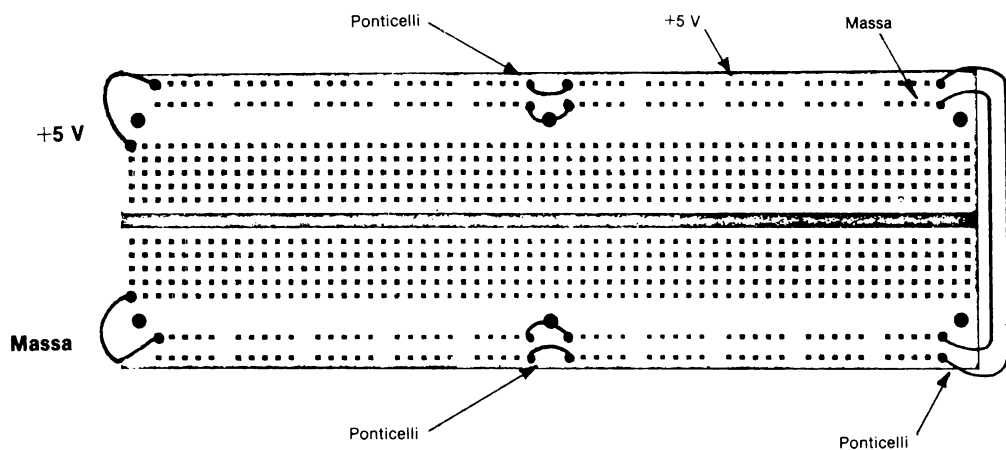



Figura 1-17. La SK-10 della E&L Instruments, Inc. pronta per il collegamento al Circuit Designer Powerpack. Il collegamento dei fili a potenziale di massa e a +5 V sulla sinistra della piastra avviene direttamente ai pin di uscita di massa e a +5 V sul Powerpack.
Non c'è bisogno dell'Outboard di Alimentazione LR-1 se possedete un Circuit Designer Powerpack.

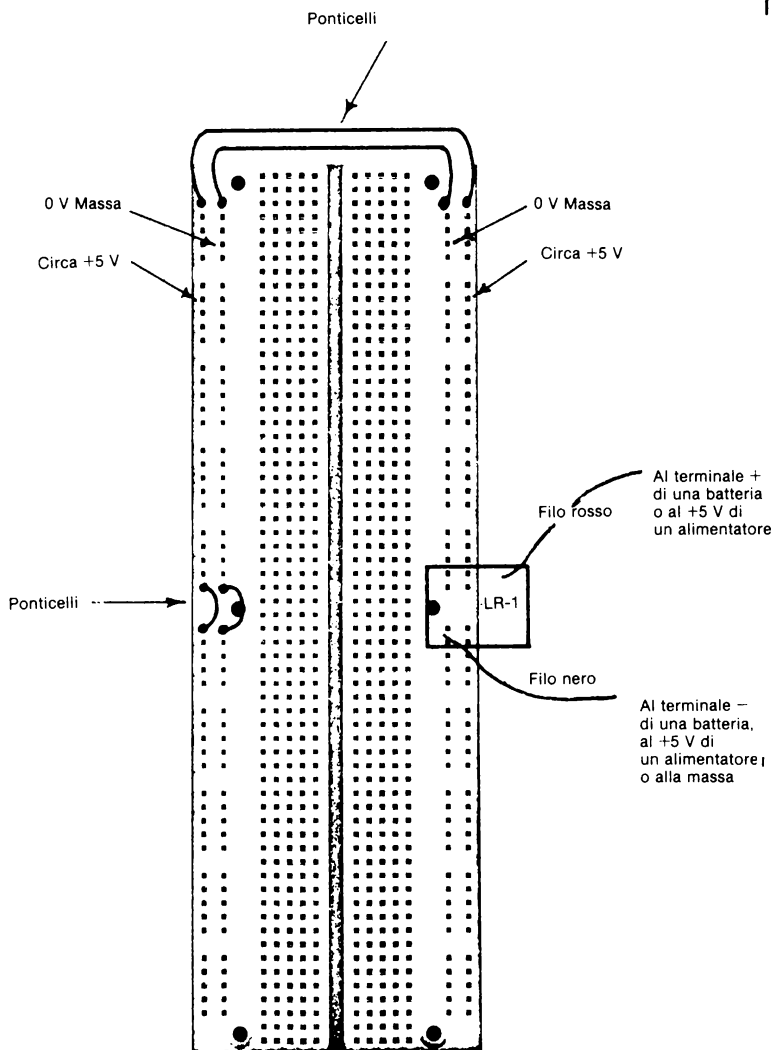



Figura 1-18. Piastra SK-10 della E&L Instruments, Inc. collegata all'Outboard di Alimentazione LR-1. Vi sono anche coppie di ponticelli che collegano insieme tutti i terminali senza saldature sui due lati del breadboard. Per mezzo di questi ponticelli abbiamo 100 terminali a potenziale di massa e 100 a +5 V.
Il potenziale più alto non deve essere mai inferiore a +4,75 V e superiore a +5,3 V, normale campo operativo dei chip di circuito integrato della serie 7400.

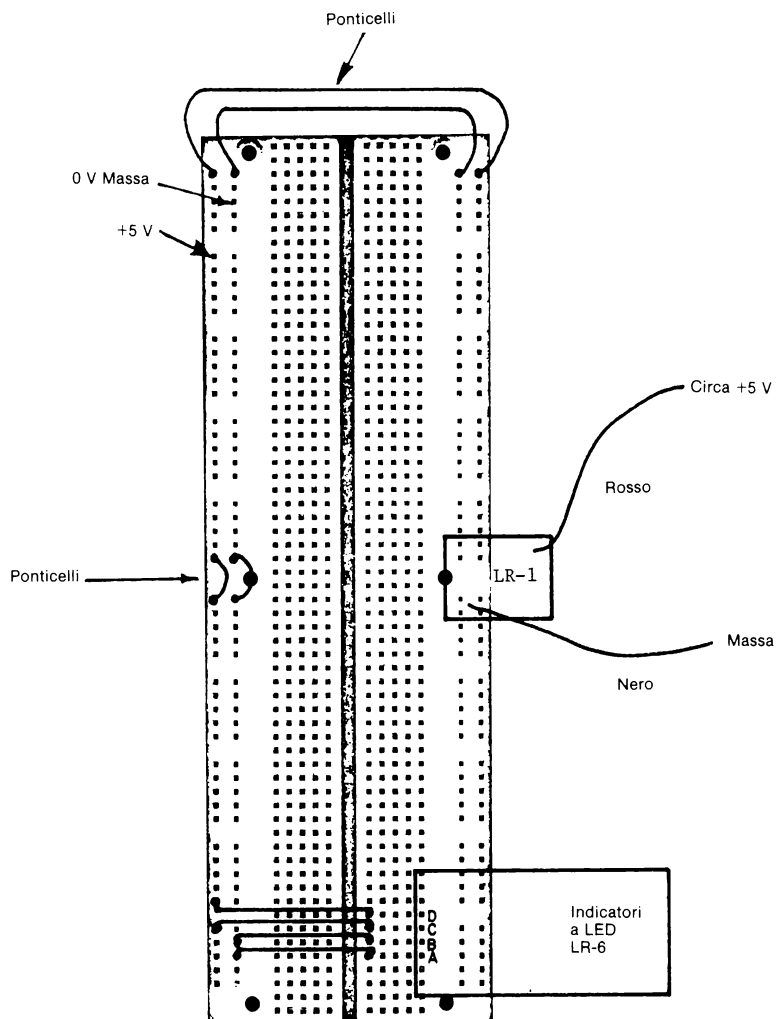
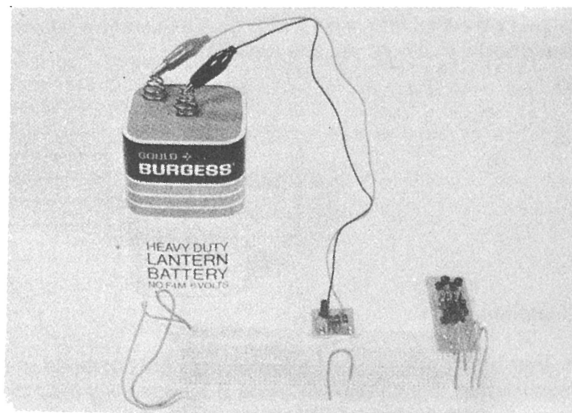



Figura 1-19. Schema di collegamento per l'Esperimento n° 1. Le prese a coccodrillo dell'LR-1 possono essere collegate a una batteria a 6 V o a un alimentatore a +5 V. Il potenziale del filo rosso sull'Outboard di Alimentazione LR-1 non deve mai essere inferiore a 4,75 V.

Passo 4

Riferitevi ancora alla figura 1-19 e collegate i quattro fili ai quattro ingressi dell'Outboard Indicatori a LED LR-6 come è illustrato. Il circuito collegato dovrebbe corrispondere esattamente allo schema raffigurato in una delle pagine precedenti e alla fotografia della figura 1-20.

Figura 1-20.
Esperimento n° 1.

Passo 5

Collegate le due prese a coccodrillo alla batteria e scrivete nello spazio qui sotto quanti indicatori LED sono accesi.

Se avete collegato questo circuito in maniera corretta i LED, che abbiamo definito C e D nella figura 1-19, sarranno illuminati. I LED A e B della figura 1-19 saranno invece spenti. Se non ottenete questo risultato, scollegate le prese a coccodrillo dalla batteria e ripetete l'esperimento.

Passo 6

Per l'Outboard Indicatori a LED LR-6 diremo *solitamente* che un indicatore acceso è uno stato "On" o uno stato logico 1 e un indicatore spento è uno stato "Off" o uno stato logico 0. Nei passi 4 e 5 sopra descritti, quali LED sono a uno stato logico 1?

Nei passi 4 e 5 descritti, quali LED sono a uno stato logico 0?

Se avete risposto correttamente a queste due domande, avrete concluso che gli indicatori a LED A e B sono entrambi a uno stato logico 0 o "Off", mentre gli indicatori a LED C e D sono entrambi a uno stato logico 1 o "On". Attraverso l'uso di una semplice batteria a +6 V o un alimentatore a +5 V, sono possibili soltanto due diversi stati logici:

uno 0 logico e un 1 logico. *Questo è un risultato importante. Infatti, la maggioranza dei circuiti elettronici digitali semplici si basa su due stati, uno stato logico 0 e uno stato logico 1, i quali corrispondono rispettivamente a tensioni che differiscono fra loro di 5 V, essendo il potenziale più basso normalmente (ma non sempre) lo stato logico 0.*

Passo 7

Osservate attentamente lo schema proposto per questo esperimento e disegnate uno schema in cui tutti e 4 gli indicatori a LED da A a D, siano a uno stato logico 1. Collegate il circuito sul breadboard e dimostrate che funziona.

Domande

Potrete ottenere le risposte a queste e ad altre domande che compaiono nel libro acquistando il manuale per insegnanti relativo ai Bugbook I e II reso disponibile, sempre nella versione italiana, dalla Jackson Editrice.

1. Usando un indicatore a LED, come fate a determinare se un segnale elettrico, un pin di un circuito integrato, ecc. sono a uno stato logico 0 o 1?

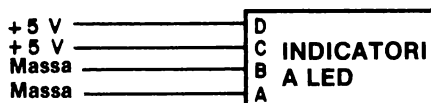
2. Nella figura 1-18, quanti stati logici sono possibili quando l'Outboard di Alimentazione LR-1 è correttamente collegato ai due terminali della batteria. Quali sono questi stati logici?

3. Quanti fili aggiuntivi potete collegare agevolmente all'ingresso A dell'Outboard indicatori a LED LR-6 della figura 1-19?

ESPERIMENTO N. 2

Scopo

Questo esperimento dimostra che cosa succede quando collegate impropriamente i terminali dell'Outboard di Alimentazione LR-1 ad una batteria.

Schema del circuito

Passo 1

Dovete aver completato con successo l'Esperimento n° 1 prima di passare a questo. Lo schema del circuito e la disposizione di breadboarding della figura 1-19 si addice altrettanto bene a questo esperimento.

Passo 2

Collegate il filo nero e la presa a coccodrillo al terminale (+6) della batteria o al terminale (+5) dell'alimentatore. Collegate il filo rosso e la presa a coccodrillo al terminale (−) della batteria o al terminale (−) dell'alimentatore. Indicate qui sotto se i LED C e D dell'Outboard Indicatori a LED LR-6 sono accesi o spenti.

Passo 3

Osservate attentamente l'Outboard di Alimentazione LR-1. Osservate qualche dispositivo acceso sull'Outboard?

Passo 4

Invertite i collegamenti con il filo nero e con il filo rosso alla batteria o all'alimentatore in modo che i fili siano collegati correttamente. Controllate ancora una volta l'Outboard di alimentazione. Osservate qualche dispositivo acceso sull'Outboard?

Sono adesso accesi anche i LED C e D sull'Outboard LR-6®?

Se avete eseguito i Passi 2 e 3 correttamente, noterete che nessun dispositivo sull'Outboard di Alimentazione LR-1 è acceso e che i LED C e D dell'Outboard LR-6 sono spenti. Se avete eseguito il Passo 4 correttamente, noterete che sull'Outboard di Alimentazione LR-1 vi è un piccolo dispositivo che mette una luce rossa quando i fili dell'Outboard sono collegati in maniera giusta a una sorgente di alimentazione. Inoltre, sono anche accesi gli indicatori a LED C e D dell'Outboard LR-6. Tenendo presente queste osservazioni, quale pensate che sia la funzione del dispositivo acceso, che chiamiamo "diodo emettitore di luce" (LED), sull'Outboard di Alimentazione LR-1?

Domande

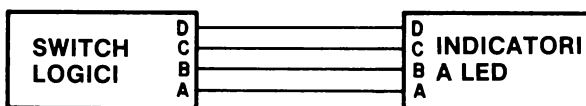
1. Come determinate se l'Outboard di Alimentazione LR-1 è collegato correttamente all'alimentatore?

2. Se l'Outboard di Alimentazione LR-1 è collegato correttamente, siete in grado di osservare uno stato logico 1 su qualcuno dei terminali senza saldature del breadboard SK-10?

ESPERIMENTO N. 3

Scopo

Questo esperimento dimostra il funzionamento dell'Outboard Switch Logici LR-2.

Schema del circuito

Passo 1

Scollegate le prese a coccodrillo dalla batteria o dall'alimentatore ma lasciate gli Outboard LR-1 e LR-6 al loro posto. Innestate delicatamente l'Outboard Switch Logici LR-2 nel posto indicato nella figura 1-21 e procedete al collegamento dei fili fra gli Outboards LR-2 e LR-6.

Passo 2

Notate il modo in cui abbiamo contrassegnato i pin di ingresso sull'Outboard LR-6 e i pin di uscita sull'Outboard LR-2 nella figura 1-21. I nostri contrassegni non sono esattamente uguali ai contrassegni ABCD che appaiono su entrambi gli Outboards. Vorremmo ancora sottolineare che il modo di contrassegnare questi due Outboards È del tutto arbitrario è può essere ABCD, DCBA, 1248, 8421, 0123, 3210 o qualsiasi altra cosa. Ciò che importa è che voi stabiliate quale dovrà essere il contrassegno per il vostro sistema di breadboarding.

Passo 3

Collegate le due prese a coccodrillo alla batteria e all'alimentatore. Confrontate il vostro circuito con lo schema dato. Dovrete notare una stretta corrispondenza fra i due. Commutate i quattro switch logici in modo che siano tutti in posizione "On". I quattro indicatori a LED sono accesi o spenti?

Commutate i quattro switch logici in modo che siano tutti nella posizione "Off". I quattro indicatori a LED sono adesso accesi o spenti?

Se avete eseguito correttamente questo esperimento, osserverete quattro

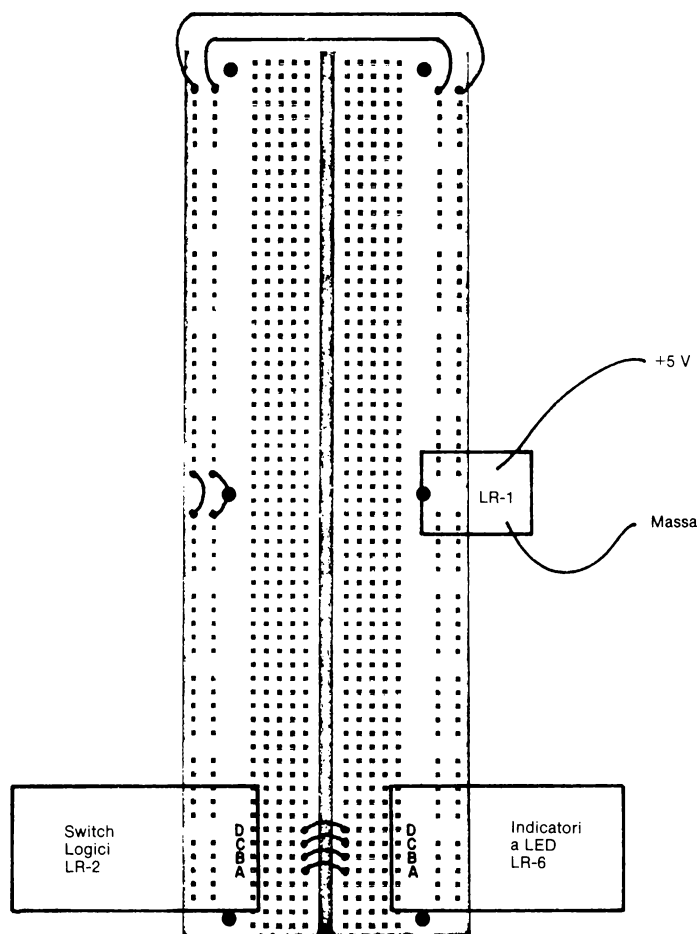



Figura 1-21. Schema di collegamento per l'Esperimento N. 3. Notate come abbiamo contrassegnato gli Outboards LR-2 e LR-6. Conviene mettere gli Outboard di display su un lato della piastra SK-10 e gli Outboards di alimentazione sull'altro lato. Queste decisioni, comunque sono soggettive.

indicatori a LED accesi quando gli switch logici sono in posizione "ON" e quattro indicatori a LED spenti quando gli switch logici sono in posizione "OFF".

Passo 4

Per l'Outboard Switch Logici LR-2 diremo che uno switch in posizione "ON" è uno stato logico 1 e che uno switch in posizione "OFF" è uno stato logico 0. Possiamo scrivere i risultati ottenuti nel Passo 3 nel modo seguente:

	Stato logico degli switch logici			
	D	C	B	A
Tutti gli switch in posizione "ON"	1	1	1	1
Tutti gli switch in posizione "OFF"	0	0	0	0

	Stato logico degli indicatori a LED			
	D	C	B	A
Tutti gli indicatori a LED accesi	1	1	1	1
Tutti gli indicatori a LED spenti	0	0	0	0

Possiamo concludere che:

- *Uno switch logico in posizione "OFF" o "0 logico", posiziona un indicatore a LED in stato logico spento o "0 logico".*
- *Uno switch logico in posizione "ON" o stato logico 1 posiziona un indicatore a LED in stato logico acceso o "1 logico".*

Quindi, secondo queste due regole, potremo scrivere quanto segue:
Stato logico degli switch logici che *determina* questo stato logico degli indicatori a LED.

D	C	B	A
1	1	1	1
0	0	0	0

D	C	B	A
1	1	1	1
0	0	0	0

Variate la posizione dei quattro switch logici fra le posizioni "OFF" e "ON" e scrivete gli stati logici risultanti dei quattro indicatori a LED durante l'effettiva esecuzione dell'esperimento. Riferitevi nuovamente allo schema e alla figura 1-21 per assicurarvi di aver collegato in maniera giusta il circuito. Ricordatevi ancora che:

Switch logico in posizione "OFF" = stato logico 0
Switch logico in posizione "ON" = stato logico 1

Indicatore a LED spento = stato logico 0
Indicatore a LED acceso = stato logico 1

Date le vostre risposte nella tabella 1-1

Tabella 1-2. Risultati del Passo 4

Stato logico degli switch logici che *determina* questo stato logico degli indicatori a LED

D	C	B	A		D	C	B	A
0	0	0	0		0	0	0	0
0	0	0	1					
0	0	1	0					
0	0	1	1					
0	1	0	0					
0	1	0	1					
0	1	1	0					
0	1	1	1					
1	0	0	0					
1	0	0	1					
1	0	1	0					
1	0	1	1					
1	1	0	0					
1	1	0	1					
1	1	1	0					
1	1	1	1		1	1	1	1

Controllate con il manuale per insegnanti se avete compilato questa tabella in modo corretto. Se così non fosse, ripetete il Passo 4.

Domande

1. Come si determina se uno switch logico dell'Outboard Switch Logici LR-2 è nella posizione "OFF" o "ON"? Descrivete due modi diversi per procedere a questa determinazione.

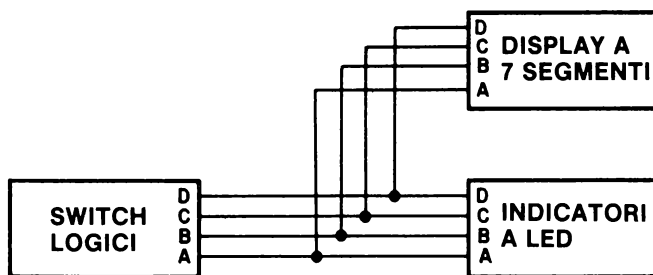
2. Se l'Outboard di Alimentazione LR-1 non è collegato bene, potete vedere uno stato logico 1 con uno switch logico dell'Outboard LR-2 in posizione "ON"? Perchè, o perchè no?

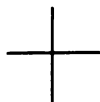
3. Quali similarità osservate fra le colonne degli switch logici e degli indicatori a LED della tabella 1-2? Perchè esistono tali similarità?

ESPERIMENTO N. 4

Scopo

Questo esperimento dimostra il funzionamento dell'Outboard Display a Sette Segmenti LR-4. Un *display* è un dispositivo che fornisce la visualizzazione di un segnale digitale elettronico o di un gruppo di essi.

Schema del circuito

Passo 1

Osservate attentamente lo schema disegnato qui sopra e la preparazione dell'esperimento nella figura 1-22. Notate che quando due fili si incrociano ma non sono collegati, usiamo il seguente simbolo:

Invece, se due fili sono collegati fra loro

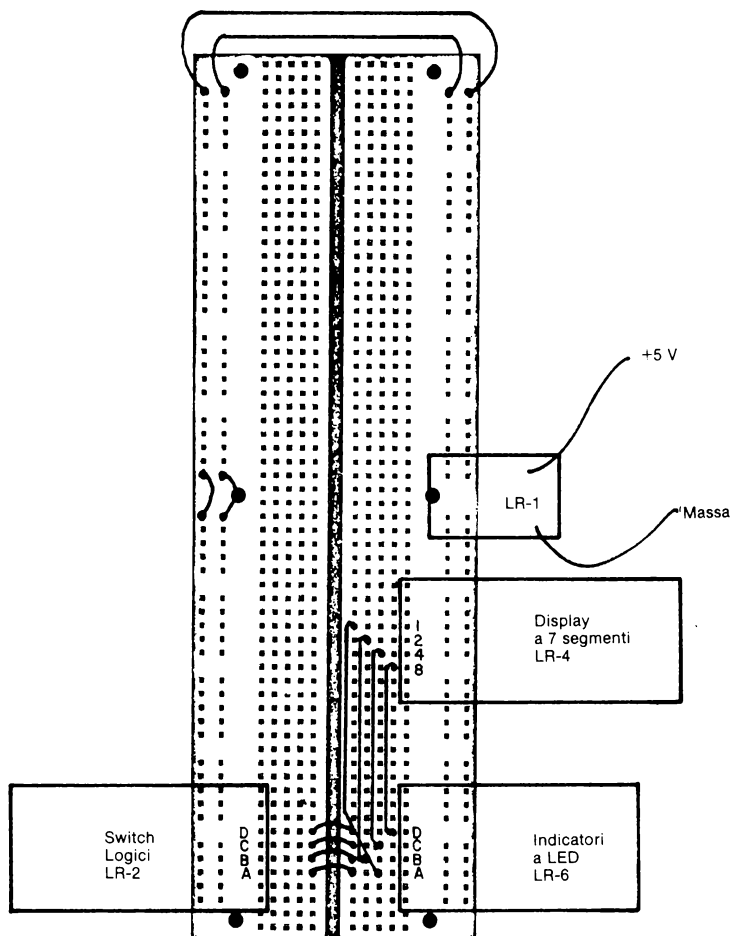
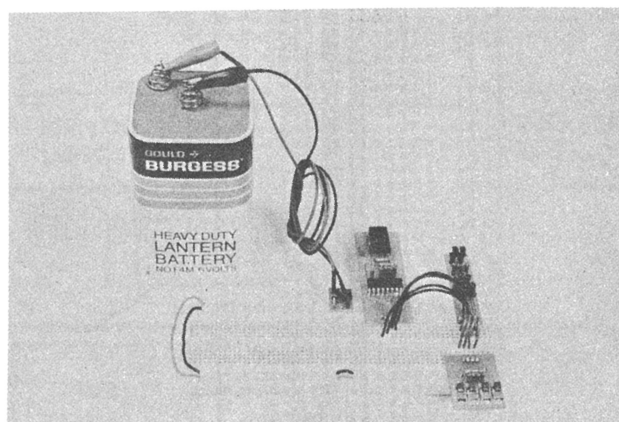



Figura 1-22. Schema dei collegamenti per l'Esperimento n. 4. Il contrassegno dell'Outboard Display a LED a sette segmenti non è arbitrario; 1 rappresenta il bit 2^0; 2 il bit 2^1; 4 il bit 2^2 e 8 il bit 2^3; in una parola binaria a quattro bit. Vedere nella figura 1-23 una foto relativa a questo esperimento.

Figura 1-23. Foto relativa all'Esperimento n. 4

Scollegate le prese a coccodrillo dalla sorgente di alimentazione ed inserite delicatamente l'Outboard di Display a LED a Sette Segmenti LR-4 nel posto indicato nella figura 1-22. Non disfate il collegamento dei precedenti esperimenti, piuttosto aggiungete i quattro collegamenti di fili ulteriori mostrati in figura. Applicate l'alimentazione al breadboard.

Passo 2

Commutate i quattro switch logici in modo che siano tutti in posizione "OFF". Che cosa potete leggere sull'Outboard di display a LED a sette segmenti LR-4?

Commutate i quattro switch logici in modo che siano tutti in posizione "ON". Che cosa potete leggere adesso sul display a LED a Sette segmenti?

Se avete eseguito questi due esperimenti in maniera corretta dovrete leggere uno zero decimale quando tutti e quattro gli switch logici sono in posizione "OFF" e non dovete leggere niente (un blank sul display) quando tutti gli switch logici sono in posizione "ON". Se questo non avviene, controllate i vostri collegamenti e ripetete le prove.

Passo 3

Mettete gli switch logici B, C e D in posizione "OFF" o stato logico 0 e lo switch logico A in posizione "ON" o stato logico 1 e scrivete la risposta del display a sette segmenti nello spazio qui sotto.

Se avete eseguito bene l'esperimento dovrete vedere sul display un uno decimale.

Passo 4

Mettete gli switch logici A, C e D in posizione "OFF" e lo switch logico B in posizione "ON" e scrivete la risposta del display a LED a sette segmenti nello spazio qui sotto.

Se l'esperimento è corretto, dovrete ora osservare sul display un due decimale.

Passo 5

Mettete gli switch logici A, B e D in posizione "OFF" e lo switch logico C in posizione "ON" e scrivete la risposta che osservate sul display a LED a sette segmenti.

Se l'esperimento è corretto dovrete avere sul display un quattro decimale.

Passo 6

Mettete gli switch logici A, B e C in posizione "OFF" e lo switch logico D in posizione "ON" e scrivete la risposta del display a LED a sette segmenti.

Se avete fatto questo esperimento in modo giusto dovreste avere sul display un otto decimale.

Passo 7

Variate le posizioni dei quattro switch logici fra "OFF" e "ON" e scrivete nella Tabella 1-3 i numeri decimali o simboli insoliti che osserverete sull'Outboard Display a LED a Sette Segmenti LR-4®.

Tabella 1-3. Risultati del Passo 7

Stato logico degli switch logici				che	*determina* questo numero o simbolo sul display a LED a sette segmenti
D	C	B	A		
0	0	0	0		0
0	0	0	1		1
0	0	1	0		2
0	0	1	1		
0	1	0	0		4
0	1	0	1		
0	1	1	0		
0	1	1	1		
1	0	0	0		8
1	0	0	1		
1	0	1	0		
1	0	1	1		
1	1	0	0		
1	1	0	1		
1	1	1	0		
1	1	1	1		blank display

Controllate sul Manuale per Insegnanti se avete riempito questa tabella correttamente. Se non è corretta, ripetete il Passo 7.

Domande

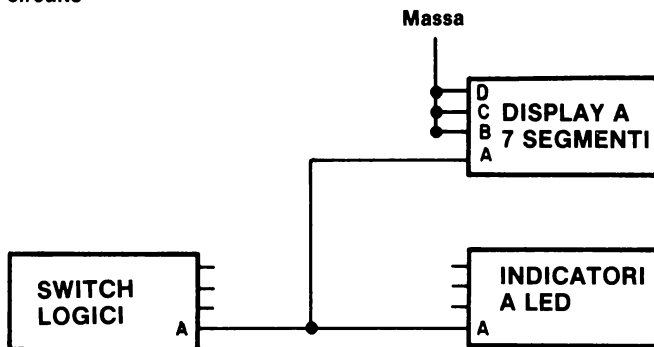
1. Vi aspettate di vedere i numeri decimali 10, 11, 12, 13, 14 e 15?
   Si o no e perchè?

2. Se l'Outboard di Alimentazione LR-1 non è collegato in modo corretto siete in grado di osservare numeri decimali o altri simboli sull'Outboard Display a LED a Sette Segmenti LR-4?
   Si o no e perchè?

ESPERIMENTO N. 5

Scopo

Questo esperimento dimostra il funzionamento dell'Outboard Display a LED a sette segmenti LR-4 come display a LED zero/uno.

Schema del circuito

Passo 1

Il circuito di questo esperimento è in qualche modo simile a quello dell'esperimento precedente. Lasciate nelle rispettive posizioni gli Outboards LR-2, LR-4 e LR-6, scollegate le prese a coccodrillo dell'alimentazione, e ricollegate gli Outboards come indicato nello schema disegnato qui sopra. Cercate di collegare il circuito direttamente dallo schema, poi controllate con la figura 1-24 se avete eseguito il collegamento in modo corretto.

Passo 2

Collegate le prese a coccodrillo all'alimentazione e commutate varie volte lo Switch Logico A dalla posizione "OFF" a "ON".

Completate questa tabella:

Switch logico A	*Indicatore a LED*	*Display zero/uno*
"OFF" = stato logico 0		
"ON" = stato logico 1		

Se l'esperimento è corretto vi sarà uno zero decimale quando lo switch logico A è "OFF" e uno decimale sul display zero/uno quando lo switch logico A è "ON"?

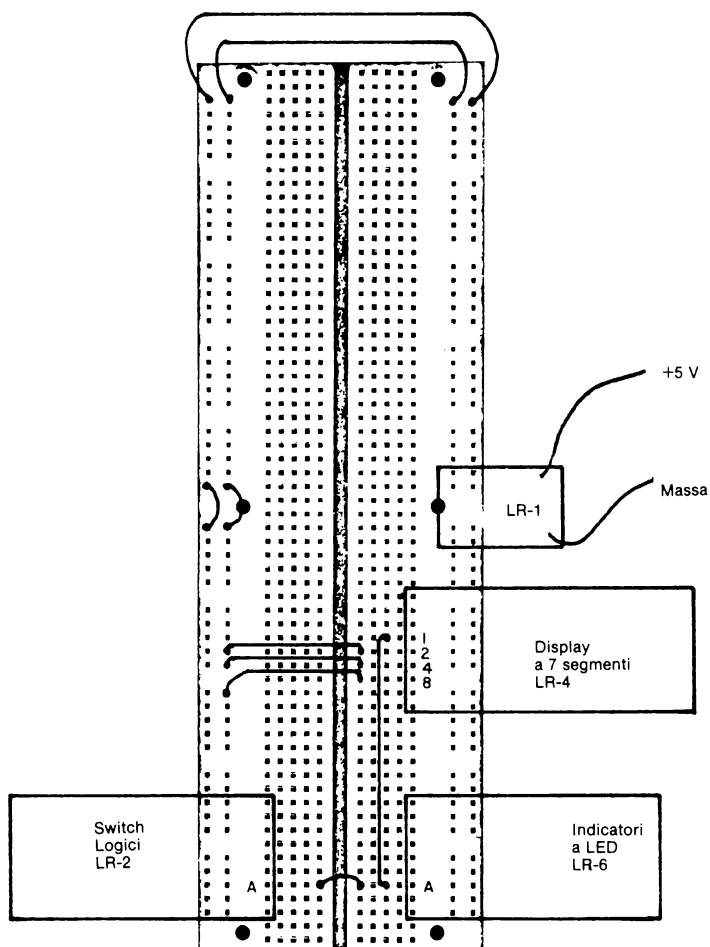



Figura 1-24. Schema dei collegamenti per l'Esperimento n. 5.
Per questo esperimento è possibile usare qualsiasi degli indicatori a LED e qualsiasi switch logico del Logic Switches LR-2 e non soltanto quelli indicati nello schema.

Domande

1. I pin di ingresso B, C e D sull'Outboard Display a LED a sette segmenti LR-4 sono tutti allo stato logico 0, come nello schema. Quale risposta osservereste sul display se il pin A fosse a +5 V? E se fosse potenziale di massa?

2. I pin di ingresso A, C e D di un display a LED a sette segmenti sono tutti allo stato 0. Quale risposta osservereste sul display se il pin B fosse a +5 V? E se fosse a potenziale di massa?

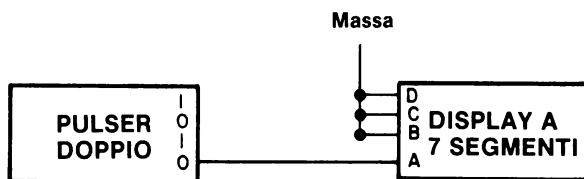
3. I pin di ingresso A, B e D su un display a LED a sette segmenti sono tutti a uno stato logico 0. Quale sarebbe la risposta sul display se il pin C fosse a +5 V? E a potenziale di massa?

4. I pin di ingresso A, B e C di un display a LED a sette segmenti sono tutti a uno stato logico 0. Quale sarebbe la risposta del display se il pin D fosse a +5 V? E se fosse a potenziale di massa?

ESPERIMENTO N. 6

Scopo

Questo esperimento dimostra come funziona l'Outboard Generatore di Impulsi Duale Debounced LR-7. Un generatore di impulsi, o *pulser*, è uno switch logico che genera un *impulso di clock*. Un *impulso di clock* è un ciclo logico completo, *cioè* una transizione da 0 logico a 1 logico e poi a 0 logico (un impulso di clock *positivo*), od una transizione da 1 logico a 0 logico e poi 1 logico (un impulso di clock *negativo*).

Schema del circuito n° 1

Passo 1

Il circuito disegnato qui sopra richiede un nuovo Outboard, l'Outboard Generatore di Impulsi Duale Debounced LR-7. Staccate le prese a coccodrillo dall'alimentazione e togliete tutti i fili del precedente esperimento eccetto i ponticelli che legano insieme i 100 terminali senza saldature a massa e i 100 terminali senza saldature a +5 V. Lasciate nelle loro posizioni gli Outboards LR-1, LR-2, LR-4 e LR-6. Aggiungete l'Outboard LR-7 alla piastra SK-10 di fronte all'Outboard LR-4 come nella figura 1-25. Eseguite i quattro collegamenti di fili indicati.

Passo 2

Studiate lo schema. Noterete che abbiamo collegato l'uscita 0 di uno dei due pulser dell'Outboard LR-7 all'ingresso A del display a sette segmenti. Gli ingressi B, C e D del display sono a massa, il che vuol dire che il display può mostrare soltanto zero decimale, cioè funziona come un display zero/uno. Troverete il display zero/uno molto utile, soprattutto nei Capitoli successivi.

Passo 3

Ricordatevi che per far funzionare correttamente il pulser, dovete spingere il pulsante di plastica verso l'interno e non verso il basso. Si può usare un dito, o un cacciavite o un altro utensile a punta smussata.

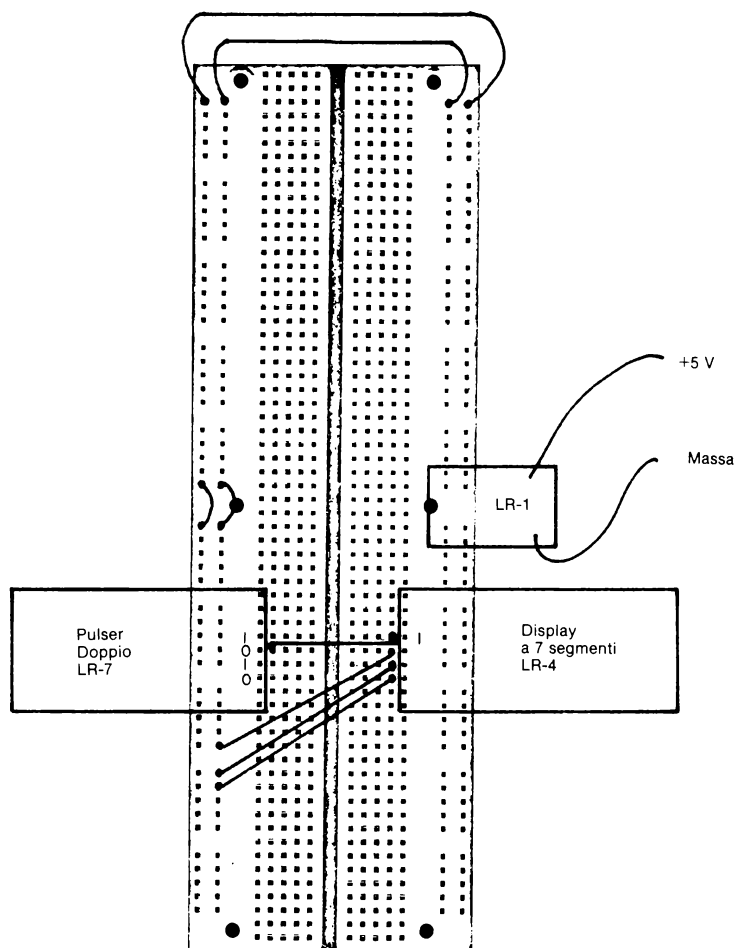



Figura 1-25. Schema di collegamento dei fili dell'Esperimento n. 6, Circuito n. 1. Nel Circuito n. 2 il filo collega l'uscita "1" dell'Outboard Generatore di Impulsi Duale LR-7 con il pin 1 dell'Outboard di display a sette segmenti LR-4.

Passo 4

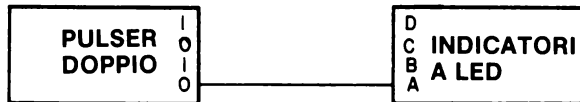
Alimentate il breadboard collegando la coppia di prese a coccodrillo all'alimentazione. Se usate il Circuit Designer Powerpack, alimentate il breadboard semplicemente girando l'interruttore.

Quale numero decimale noterete sul display a LED a sette segmenti?

Noterete uno 0 decimale. Se così non fosse, controllate il collegamento fra il pulser e il display a LED a sette segmenti.

Spingete indietro il pulser e teneteci il dito su. E adesso, che numero decimale osservate?

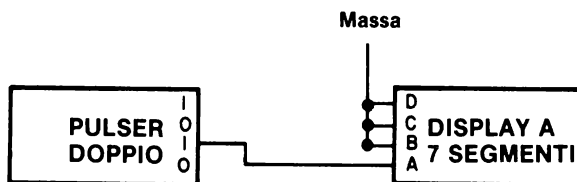
Un 1 decimale.

Se non avete un display a LED a sette segmenti, usate in alternativa un indicatore a LED. Quando il pulsante è premuto, l'indicatore a LED dovrebbe essere acceso. Quando si usa un indicatore a LED lo schema è il seguente:

Passo 5

Ripetete il passo 4 diverse volte, e poi scrivete le vostre osservazioni nello spazio che segue

Pulser	*Display a sette segmenti*	o	*Indicatore a LED*
rilasciato			
premuto			

Nello spazio che segue spiegate come generereste un impulso di clock positivo, cioè, un passaggio da 0 logico a 1 logico e ritorno a 0 logico.

Schema del circuito n° 2

Passo 6

Osservate la differenza fra gli schemi dei circuiti n. 1 e 2 e apportate il cambiamento necessario nel collegamento dei fili. È un cambiamento piuttosto banale e potete farlo con l'alimentazione ancora collegata alla piastra di breadboarding. Poichè non sono coinvolti chip di circuiti integrati, non vi è pericolo di danni. In ogni caso, fate attenzione.

Passo 7

Premete e rilasciate il pulser diverse volte.
Useremo questa espressione spesso nel corso di questo manuale. Per quanto riguarda l'Outboard Generatore di Impulsi LR-7®, si intenderà dire "spingete il bottoncino di plastica del pulser verso l'interno e lasciatelo tornare indietro".

Noterete che il display è a 0 decimale quando il pulser è premuto e a 1 decimale quando non lo è. Scrivete le vostre osservazioni nello spazio che segue.

Pulser	*Display a sette segmenti*	o	*Indicatore a LED*
rilasciato			
premuto			

Nello spazio che segue spiegate come generare un impulso di clock negativo, cioè, un passaggio da 1 logico a 0 logico e indietro a 1 logico.

Passo 8

Disegnate uno schema nel quale l'uscita "1" di un pulser sia collegata al LED B dell'indicatore a LED e l'uscita 0 dello stesso pulser sia collegata al LED A.

Collegate questo circuito sul breadboard e dimostrate a voi stessi i seguenti risultati:

Pulser	*Indicatore a LED A*	*Indicatore a LED B*
rilasciato	spento	acceso
premuto	acceso	spento

Tenete presente che un LED acceso corrisponde a uno stato logico 1 e che un LED spento corrisponde a uno stato logico 0. Basandovi sui risultati dell'ultima tabella, scrivete gli stati logici relativi ai due LED A e B nello spazio che segue:

Pulser	*Stato logico dell'indicatore a LED A*	*Stato logico dell'indicatore a LED B*
rilasciato		
premuto		

Attribuiamo la parola *complemento* alle due uscite del pulser.
L'uscita 0 è il complemento dell'uscita 1 e l'uscita 1 è il complemento dell'uscita 0. In altre parole uno stato logico 0 è complementare a uno stato logico 1 e viceversa.

Passo 9

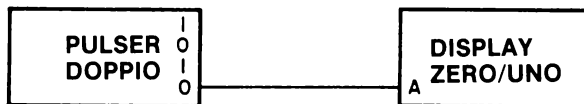
Quanti generatori d'impulsi ci sono nell'Outboard Generatore di Impulsi Duale LR-7?

Si comportano tutti nello stesso modo? Se non siete sicuri della risposta a questa domanda, provate l'altro generatore d'impulsi nelle prove fatte qui sopra.

Domande

1. Qual'è la funzione di un generatore d'impulsi?

2. Se l'Outboard di Alimentazione LR-1 è collegato in modo improprio o se non vi sono collegamenti sulle uscite di +5 V e di massa del Circuit Designer Powerpack, potrete osservare un'uscita a 1 logico dall'Outboard Generatore di Impulsi Duale LR-7. Si o no e perchè?

3. Un display a LED a sette segmenti, le cui uscite B, C e D sono tutte collegate a massa è chiamato display zero/uno. Uno schema per un circuito in cui l'uscita 0 da un pulser è collegata a questo display zero/uno può essere rappresentato così:

Pensate che uno/zero display e un indicatore a LED si comportino in modo simile l'uno verso l'altro? Se la vostra risposta è si, spiegatene il perchè.

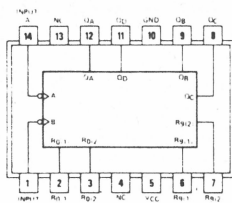
4. Scrivete il complemento delle parole date qui di seguito:

Parola	*Complemento della parola*
ON	
NO GO	
OFF	
START	
STOP	

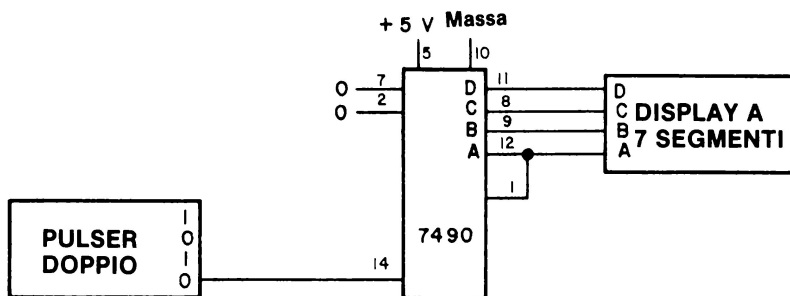
ESPERIMENTO N. 7

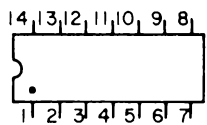
Scopo

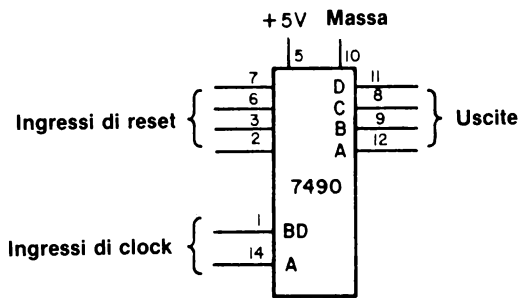
Questo esperimento dimostra come funziona un chip di circuito integrato, in questo caso il *contatore decimale 7490.*

Configurazione dei pin del circuito integrato

7490

Questa configurazione dei pin del chip 7490 è pubblicata per concessione della Texas Instruments Incorporated. Quasi tutte le configurazioni dei pin di questo manuale sono state rilevate dal loro "TTL Data Book for Design Engineers".

Schema del circuito

Passo 1

Questo è il primo esperimento nel quale collegherete un circuito digitale che include un chip di circuito integrato. Prendete dalla vostra raccolta di chip il 7490, e studiatelo attentamente. Tenetelo in modo che i pin non siano rivolti verso di voi. State quindi guardando la parte superiore del chip. Notate la piccola tacca semicircolare sulla plastica. Questa tacca serve a distinguere il lato del chip pin 1 pin 14 come si vede nell'illustrazione che segue.

Con l'aiuto di questa illustrazione dovrebbe risultarvi facile scegliere uno qualsiasi dei 14 pin del chip.

Nel campo dell'elettronica digitale, i fabbricanti dei chip di circuito integrato forniscono una *configurazione dei pin* oppure una *rappresentazione schematica*, conosciuta anche come *block diagram*, per indicare la funzione del pin come funzione del numero del pin. La configurazione del chip 7490 è quella della pagina precedente. *Tutte le configurazioni dei pin di questo libro, (eccetto quella del timer 555), ci sono state fornite dalla Texas Instruments Incorporated.* Noi preferiamo l'uso delle rappresentazioni schematiche, nelle quali gli ingressi, le uscite e i collegamenti all'alimentazione sono raggruppati per funzione. Per il chip 7490, la rappresentazione è la seguente:

Questo genere di figura è generalmente più facile da capire della configurazione dei pin, anche se entrambe le figure forniscono le stesse informazioni di base. Se paragoniamo le due figure, noteremo:

Pin N.	*Schema della configurazione dei pin*	*Rappresentazione schematica*
1	Ingresso B	Ingresso di clock BD
2	$R_0(1)$	Ingresso di reset
3	$R_0(2)$	Ingresso di reset
4	Nessun collegamento (NC)	–––––
5	V_{CC}	+5 V
6	$R_9(1)$	Ingresso di reset
7	$R_9(2)$	Ingresso di reset
8	Q_C	Uscita C
9	Q_B	Uscita B

10	GND	Terra
11	Q_D	Uscita D
12	Q_A	Uscita A
13	Nessun collegamento (NC)	------
14	Ingresso A	Ingresso di clock A

Possiamo quindi riassumere le caratteristiche dei chip 7490 in questo modo:

- I pin 5 e 10 sono i collegamenti dell'alimentazione al chip. Il pin 5 deve essere a +5 V e il pin 10 a potenziale di massa perchè il chip possa funzionare come si deve.

- I pin 12, 9, 8 e 11 sono le quattro uscite del chip A, B, C e D.

- I pin 14 e 1 sono gli ingressi di clock del chip. Uno o l'altro di questi pin viene usato congiuntamente a un pulser, un clock o altro dispositivo che possa generare una serie di impulsi di clock.

- I pin 2, 3, 6 e 7 sono "ingressi azzerati". Quando i pin 2 e 3 sono a uno stato logico 1, il contatore darà le seguenti uscite: A=0, B=0, C=0 e D=0. Quando i pin 6 e 7 sono a 1 logico, il contatore darà le seguenti uscite: A=1, B=0, C=0 e D=1. Il pin 7 è normalmente a 0 logico. Anche il pin 2 è normalmente a 0 logico eccetto che in cinque circuiti di questo libro. Con i pin 2 e 7 a 0 logico, il contatore è in grado di funzionare.

Si spera che queste informazioni vi rendano un po' più facile il collegamento di un chip di circuito integrato.

Passo 2

Per eseguire questo esperimento avrete bisogno di:

- Filo di vari colori e lunghezze. Vi consigliamo l'uso di pezzi corti di filo nero (Massa) o rosso (+5 V) da 25÷30 mm per il collegamento dei pin 2,7, 10 e 5 a +5V o a massa. Non inserite mai un filo piegato entro un terminale di breadboarding senza saldatura. Anche se riuscireste sempre a fare il collegamento, a lungo andare danneggereste i terminali.

- Un chip di circuito integrato 7490 contatore decimale.

- Una piastra SK-10 con un Outboard di Alimentazione LR-1 o con un Circuit Designer Powerpack.

- Una sorgente di alimentazione nel caso usiate un Outboard di Alimentazione LR-1. Il circuit Designer Powerpack ha la sorgente di alimentazione incorporata e può essere usata direttamente.

- L'Outboard Display a LED a sette Segmenti LR-4.

- L'Outboard Generatore di Impulsi Duale Debounced LR-7.

Vorremmo inoltre sottolineare alcuni dei suggerimenti già dati in precedenza.

- Troverete senz'altro utile un paio di pinze; per raddrizzare fili piegati, pin di chip piegati o storti e per inserire e togliere fili in parti molto piene della piastra SK-10.

- Usate un piccolo cacciavite per togliere un chip dal breadboard SK-10. Inserite il cacciavite nella scanalatura e staccate il chip lentamente.

- *Staccate sempre la tensione dal breadboard quando fate dei collegamenti con i chip. Per nostra esperienza, abbiamo notato che gli studenti che non osservano questa regola hanno la tendenza a bruciare i chip.*

- *Controllate sempre i vostri collegamenti prima di applicare tensione al breadboard. Secondo la nostra esperienza, questo è un altro errore comune degli studenti, i quali eseguono collegamenti sbagliati, hanno fretta di applicare tensione al breadboard e poi restano sorpresi quando scoprono che il loro chip si è bruciato. Un chip correttamente collegato difficilmente si brucia.*

- Prestate particolare attenzione quando inserite un chip di circuito integrato nei terminali senza saldature della piastra SK-10. Ci vuole un po' di pratica per farlo bene. Assicuratevi che i pin del chip siano verticali. il costruttore della piastra SK-10 ha fornito le seguenti raccomandazioni:

  "Sovente, quando si usa per le prime volte la piastra SK-10, lo studente o il progettista. hanno difficoltà nell'inserire i chip nella piastra. Consigliamo questa procedura:

  Infilare nei fori della piastra una fila di pin di contatto del chip. Non spingere dentro il chip, però! Inclinare con una angolazione di circa 30° rispetto alla piastra, tenendo la fila di pin impegnati nei rispettivi fori. Con una sola pressione verso l'esterno (nella direzione dei terminali impegnati) fate "scivolare" la seconda fila di terminali nei relativi fori. Soltanto dopo che anche questa fila di terminali è impegnata si potrà spingere il chip nella piastra, premendo direttamente sulla parte superiore del chip stesso.

Passo 3

Osservando da vicino lo schema del circuito di questo esperimento noterete che:

- Il pin 11 del chip 7490 è collegato all'ingresso 8 (D) del display a sette segmenti.

- Il pin 8 del chip 7490 è collegato all'ingresso 4 (C) del display.
- Il pin 9 del chip 7490 è collegato all'ingresso 2 (B) del display.
- Il pin 12 del chip 7490 è collegato sia all'ingresso 1 (A) del display sia al pin 1 del chip 7490.
- Il pin 5 del chip 7490 è collegato sulla piastra SK-10 a +5 V.
- I pin 2, 7 e 10 sono collegati al potenziale di massa della piastra SK-10.
- Il pin 14 del chip 7490 è collegato all'uscita 0 del pulser.
- Tutti gli altri pin 3, 4, 6 e 13 non sono collegati.

Passo 4

Studiate la figura 1-26 e vedrete che abbiamo raffigurato soltanto alcuni dei collegamenti che devono essere eseguiti. Gli Outboards LR-2 e LR-6 non sono richiesti per questo esperimento (sebbene si possa usare l'LR-6, nel caso lo desideriate), ma poichè essi non interferiscono in alcun modo possono essere lasciati sul breadboard. Ad alimentazione staccata, inserite delicatamente sul breadboard il chip 7490 nella posizione indicata. Notate come rimane ben distanziato dagli Outboards. Se non l'avete ancora fatto, togliete tutti i collegamenti dei precedenti esperimenti.

Passo 5

Eseguite i quattro collegamenti a +5 V (pin 5) e a massa (pin 2, 7 e 10). Collegate i pin 8, 9, 11 e 12 all'Outboard Display a LED a Sette Segmenti LR-4 come indicato nello schema. Seguendo le istruzioni dello schema e del Passo 3, eseguite i collegamenti finali del circuito.

Passo 6

Controllate il vostro circuito così collegato. Assicuratevi che sia corretto.

Passo 7

Applicate tensione al breadboard e osservate ciò che avviene. Potrete osservare sul display uno 0 decimale, un 8 decimale, una lettura di blank o altri numeri o simboli. Per riportare a 0 decimale il contatore 7490 e il display, scollegate il pin 2 del contatore 7490 dalla massa. Il display dovrebbe andare immediatamente a 0 decimale.

Se ciò avviene, staccate l'alimentazione e cercate l'errore fra i collegamenti del vostro circuito. Assicuratevi che il LED dell'Outboard di Alimentazione LR-1® sia acceso, ad indicare che l'Outboard LR-1 è stato correttamente collegato.

Se invece vedete uno 0 decimale sul display, *ricollegate il pin 2 del chip 7490 a massa.*

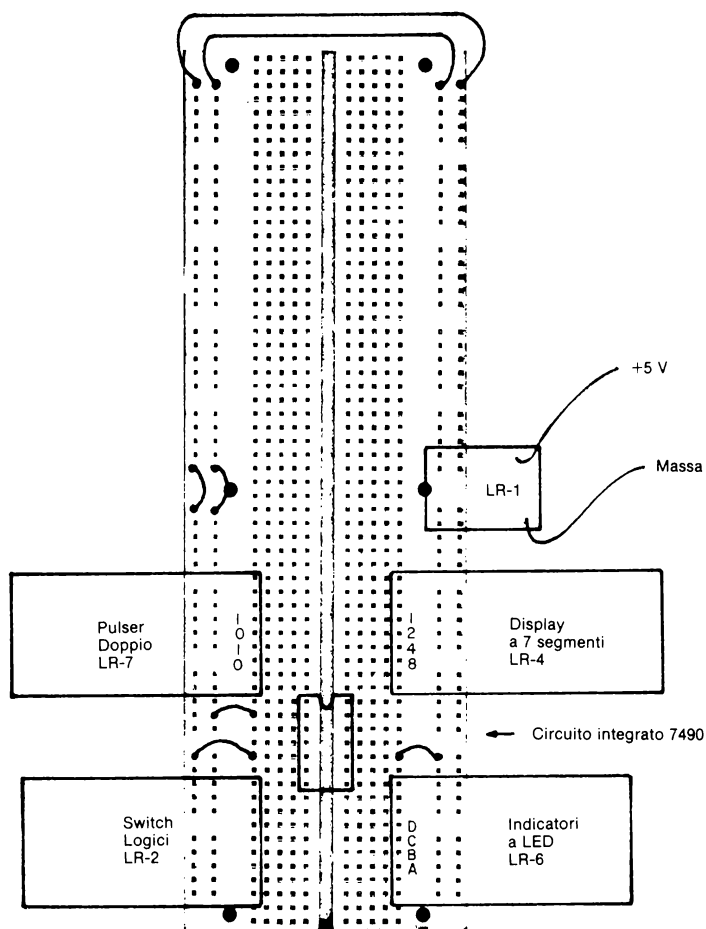



Figura 1-26. Schema parziale dei collegamenti per l'Esperimento n. 7. Alcuni dei collegamenti non sono stati effettuati per dare una visione più chiara dello schema.
Osservate come il chip 7490 rimane ben distanziato dagli Outboard. L'Outboard LR-2 non è necessario. I quattro LED dell'Indicatore LR-6 possono essere collegati parallelamente al display a sette segmenti.

Passo 8

Ora premete e rilasciate il pulser *una volta*. La lettura sul display a LED a sette segmenti dovrebbe cambiare in uno decimale. È così? (rispondete si o no).

Premete e rilasciate il pulser ancora una volta. La lettura sul display dovrebbe cambiare in un due decimale. È vero?

Premete e lasciate tornare il pulser una terza volta. La lettura sul display dovrebbe cambiare in un tre decimale. È vero?

Se ottenete i risultati suddetti, continuate con l'esperimento. Se non succede niente quando premete e rilasciate il pulser, potrebbe esserci un errore sul vostro circuito. Infine, se non avete una semplice sequenza 0, 1, 2, 3 e avete invece un gruppo di quattro cifre non sequenziali, quali 0, 4, 9, 1 (qualsiasi gruppo di quattro cifre), allora significa che il vostro pulser non è *debounced*. Non discuteremo in questo momento del concetto di *"pulser debounced"*. In ogni caso, se il vostro pulser non è debounced, non potete proseguire con l'esperimento. Fermatevi, rispondete alle domande a cui siete in grado di rispondere e passate all'Esperimento n. 8.

Passo 9

Premete e rilasciate ripetutamente il pulser. Dovreste vedere sul display a LED a sette segmenti i numeri da 0 a 9 e indietro da 9 a 0. Questo è ciò che intendiamo per contatore decimale (decade counter), il quale viene definito nel Modern Dictionary of Electronics (Rudolf F. Graf, Haward W. Sams & Co., Inc.) in questo modo:

> "Un contatore decimale è un dispositivo logico che ha 10 stati stabili e può essere ciclato attraverso questi stati con l'applicazione di 10 ingressi di clock o impulsi. Un contatore decimale conta normalmente in sequenza binaria da stato 0 a stato 9 e compie il ciclo tornando a 0. Chiamato a volte contatore divisore per 10".

Passo 10

Il numero sul display a LED a sette segmenti cambia quando premete o quando rilasciate il pulser?

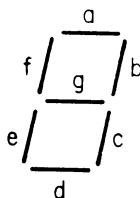
Se avete collegato il pulser in maniera corretta, il numero dovrebbe cambiare quando lo rilasciate. Se ciò non avviene, controllate il pin d'uscita del pulser al quale avete collegato il pin 14 del chip 7490.

Passo 11

Premete e rilasciate ripetutamente il pulser fino a quando avrete compiuto il ciclo da 0 a 9. Nello spazio che segue indicate quanti segmenti dovranno essere accesi per ogni numero. Ricordate che l'Outboard LR-4 è un display a LED a sette segmenti:

Numero decimale	*Numero di segmenti accesi*
0	6
1	2
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	

Passo 12

Invece di contare il numero dei segmenti accesi, vediamo ora quali dei sette segmenti sono accesi per ciascuno numero decimale. Diamo qui di seguito uno schema di lettere per il display a sette segmenti nel quale le lettere da *a* a *g* vengono usate per connotare i singoli segmenti del display.

Fate compiere un ciclo di lettura sul display fino a che appare uno 1 decimale. Quali saranno i due segmenti accesi?

La risposta corretta a questa domanda è: il segmento *b* e il segmento *c*. Continuate a ciclare la lettura sul display finchè appare un 8 decimale.

Quali segmenti sono accesi adesso?

La risposta è: tutti e sette.

Passo 13

Cerchiamo di essere più sistematici nella determinazione dei segmenti accesi per un dato numero decimale del display. Determiniamo, anzi, quali saranno i segmenti accesi per ogni possibile numero decimale.

Nella tabella 1-4, riportata qui sotto, scrivete nelle colonne sotto le lettere, da *a* a *g* se il segmento è acceso o spento relativamente a ciascuno dei dieci numeri decimali. Abbiamo cercato di darvi una mano scrivendo le risposte per l'uno decimale e l'otto decimale.

Tabella 1-4. Risultati del Passo 13

	Segmenti						
Numero decimale	a	b	c	d	e	f	g
0							
1	spento	acceso	acceso	spento	spento	spento	spento
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8	acceso	acceso	acceso	acceso	acceso	acceso	acceso
9							

Passo 14

Conservate la disposizione dell'esperimento. Verrà usata per l'Esperimento n. 8.

Domande

1. Definite, con parole vostre, il termine "display a sette segmenti".

2. Quando avviene il cambiamento di un numero sul display a sette segmenti nell'esperimento appena effettuato, quando il pulser è premuto o quando viene rilasciato?

3. Riuscite a dare qualche motivazione al fatto che non è apparso alcuno dei simboli insoliti che avete invece osservato nel Passo 7 dell'Esperimento n. 4. Potreste non sapere rispondere correttamente a questa domanda ma provateci ugualmente.

4. Se l'Outboard di Alimentazione LR-1 non fosse collegato correttamente, potreste vedere una sequenza di conteggio usando un chip 7490?

5. Che cosa fa un circuito integrato 7490 contatore decimale? Descrivete la funzione specifica da voi constatata in questo esperimento.

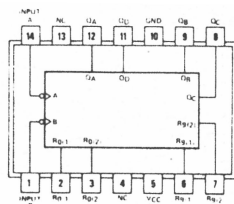
6. Con parole vostre, definite l'espressione "impulso di clock". Date almeno un esempio di un circuito elettronico digitale che richieda un impulso di clock per operare correttamente.

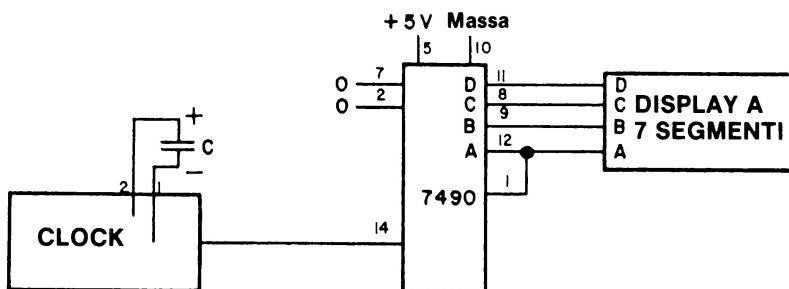
7. La tabella 1-4 del Passo 13 è una "tabella della verità".
   Spiegate, se potete, qual'è l'oggetto o lo scopo di una tabella della verità. Potreste non saper rispondere a questa domanda, ma tentate lo stesso.

ESPERIMENTO N. 8

Scopo

Questo esperimento dimostra come opera l'Outboard Clock LR-5 chè verrà usato per fornire un segnale ad un contatore decimale 7490.

Configurazione del pin del circuito integrato

7490

Schema del circuito

Passo 1

Togliete l'Outboard Generatore di Impulsi, di Switch Logici e l'indicatore a LED, nonchè tutti i collegamenti fra questi e l'Outboards LR-4 o il chip 7490. Lasciate come sono tutti i collegamenti, a +5 V o a massa fra l'Outboard LR-4 e il chip 7490. Inserite delicatamente l'Outboard Clock LR-5, come indicato nella figura 1-27. Fate correre un filo fra il pin 14 del chip 7490 e il pin CK (di clock) dell'Outboard LR-5; il pin CK sull'Outboard LR-5 è il secondo da sinistra guardandolo dalla parte superiore con i pin d'uscita rivolti verso di voi.

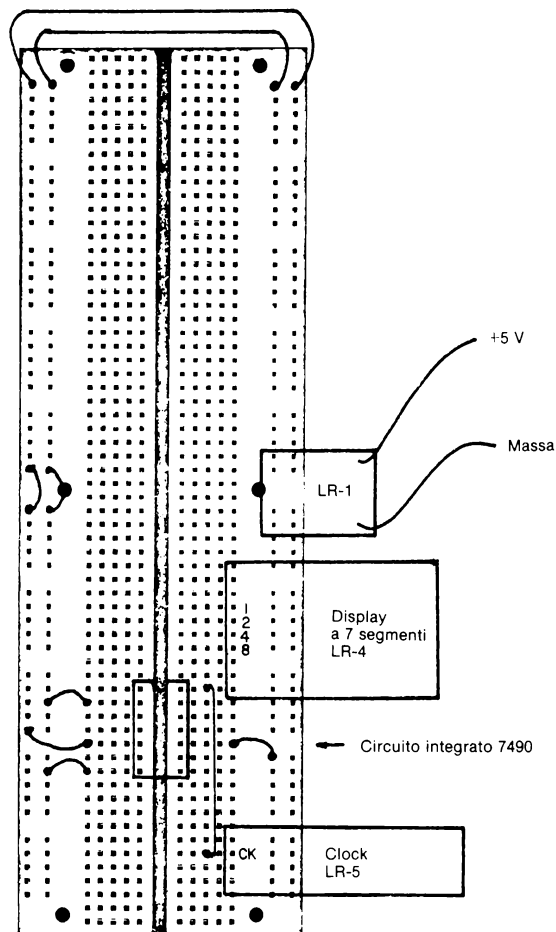



Figura 1-27. Schema parziale dei collegamenti per l'Esperimento n. 8. Una parte dei collegamenti è stata omessa per poter dare una visione più chiara.

Passo 2

L'Outboard Clock LR-5 viene fornito con condensatori da 0,03 μF, 0,33 μF, e 1 μF, (μF è l'abbreviazione di microfard, l'unità della capacità usata comunemente) i quali sono inseriti nei due pin vicino alla parte posteriore dell'Outboard. I condensatori da 0,03 μF e da 0,33 μF dovrebbero avere i numeri 0,03 e 0,33 scritti da qualche parte sulla superficie del "disco". Il condensatore da 1μF potrebbe essere elettrolitico, nel qual caso avrebbe un terminale positivo che deve essere collegato a un punto che sia a un potenziale più alto di quello a cui è collegato il terminale negativo. Nello schema indichiamo i terminali, positivo (+) e negativo (−), del condensatore e i pin del timer 555 ai quali il condensatore è collegato. Dovreste poter riconoscere il pin collegato direttamente a massa. A questo potenziale è collegato il terminale negativo del condensatore elettrolitico. Seguendo una procedura corretta per il collegamento di un condensatore elettrolitico all'Outboard LR-5 non danneggerete il condensatore. Questa particolare procedura non riguarda i condensatori di Mylar, per i quali l'uno o l'altro dei terminali possono essere collegati al pin di massa dell'Outboard LR-5.

Passo 3

Nella figura 1-28 è illustrato uno dei modi per definire il circuito per questo esperimento. Notate come sono richiesti soltanto 10 collegamenti.

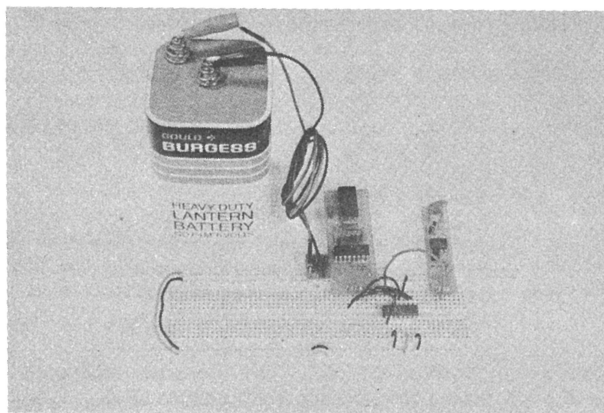



Figura 1-28.
Esperimento n° 8

Passo 4

Inserite un condensatore da 1μF nei due pin della piastra dell'Outboard LR-5. Se dimenticate di farlo, il vostro circuito integrato opererà ad una frequenza troppo alta perchè la possiate temporizzare col vostro orologio da polso.

Passo 5

Alimentate il breadboard e vedrete il display a LED a sette segmenti contare da 0 a 9. Se questo non avviene, togliete la corrente dal breadboard e controllate attentamente il vostro circuito. Siete sicuri che il pin 14 del chip 7490 è collegato all'uscita di clock dell'Outboard LR-5? Controllate bene.

Passo 6

La lettura decimale sul display a LED a sette segmenti cambierà ogni qualvolta vi sarà un impulso di clock dall'Outboard Clock LR-5. Procuratevi un orologio con la lancetta dei secondi e determinate quanti impulsi di clock si susseguono in un minuto. Scrivete la vostra risposta qui di seguito.

Vi sono .... impulsi di clock al minuto per un condensatore di timing da 1 µF.

Passo 7

Ora cambiate il valore del condensatore di timing inserito nei due pin della piastra dell'Outboard LR-5. Vi diamo qui di seguito un utile elenco di valori di capacità. Per ciascuno dei condensatori impiegati determinate il numero degli impulsi di clock per minuto.

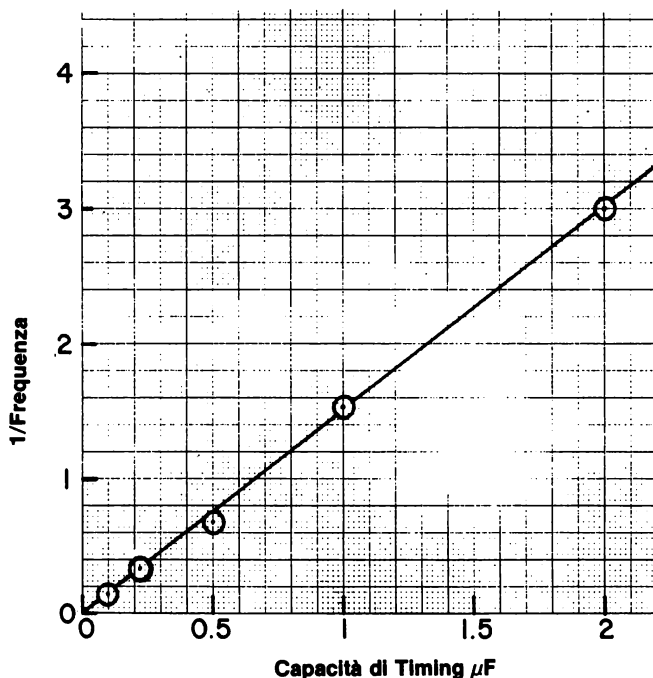
Condensatore di timing	*Numero di impulsi di clock/minuto*
0,03 µF	Troppo veloce per poterlo determinare
0,10 µF	
0,22 µF	
0,33 µF	
0,50 µF	
1,0 µF	
2,0 µF	
5,0 µF	
10,0 µF	

State attenti ai condensatori elettrolitici che adoperate. Assicuratevi che il terminale "–" sia collegato al pin di massa della piastra dell'Outboard LR-5.

Passo 8

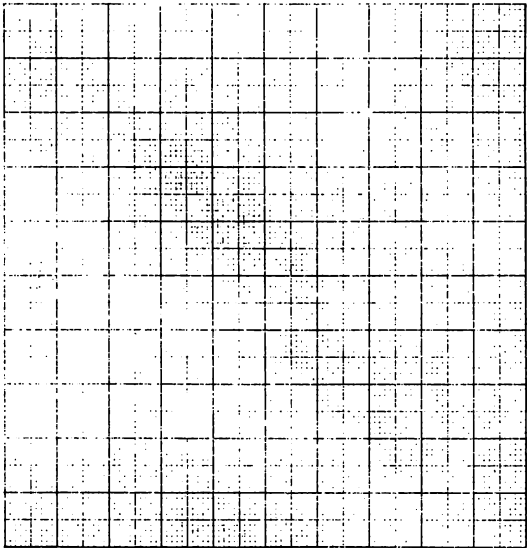
Abbiamo eseguito anche noi quest'esperimento con l'Outboard Clock LR-5 e abbiamo ottenuto i risultati indicati più oltre. Per ottenere la frequenza in conteggi per secondo dobbiamo dividere gli impulsi/minuto trovati, per 60. Per ottenere il rapporto 1/frequenza, conosciuta anche come "frequenza reciproca", dividiamo i conteggi/minuto per 60. Nel grafico che segue abbiamo tracciato la quantità, 1/frequenza (in secondi/conteggio), rispetto al valore della capacità di timing (in µF, o microfarad). Si può vedere che il rapporto fra queste due grandezze è lineare, e che la linea passa attraverso l'origine 0,0.

Questo tracciato era del tutto prevedibile secondo le teorie dell'elettronica analogica, e non ne discuteremo in questa sede le ragioni.

Capacità di timing	*Frequenza*		*1/frequenza*
μF	*Conteggi/minuto*	*Conteggi/secondo*	*Secondi/conteggio*
0,10	412	6,87	0,146
0,22	176	2,93	0,341
0,50	88	1,47	0,681
1,0	39	0,65	1,54
2,0	20	0,33	3,00

Studiate la tabella dei dati ed il grafico e cercate di capire con sicurezza come abbiamo costruito il tracciato.

Passo 9

Con i dati ottenuti nel Passo 6 e con il grafico riprodotto qui di seguito, fate un tracciato simile. Segnate le coordinate. Tracciare dati sperimentali è un'attività molto comune non soltanto nelle materie scientifiche e tecnologiche, ma anche in economia e in altri campi. Vi forniamo anche una tabella che vi sia d'aiuto nel calcolo e nelle tabulazioni.

Capacità di timing	*Frequenza*		*1/frequenza*
μF	*Conteggi/minuto*	*Conteggi/secondo*	*Secondi/conteggio*

Domande

1. Definite il termine "clock"

2. Siete in grado di fornire una serie di ragioni della necessità di un clock nei circuiti elettronici digitali? Forse non sarà facile rispondere a questa domanda, ma cercate di fare del vostro meglio.

3. Sia il generatore che l'Outboard Clock agiscono come "clock". In che modo differiscono? Quali vantaggi rivelate dall'uso di un pulser come "clock"?

4. Che vantaggi offre un clock ripetitivo come l'Outboard Clock LR-5 rispetto ad un clock non ripetitivo come il generatore d'impulsi?

5. Avreste potuto ottenere valori di capacità per condensatori non riconosciuti dalla gamma da 0,10 a 1,0 μF nel Passo 9? Se la risposta è si, spiegate come avreste di fatto calcolato le capacità non conosciute.

6. Perchè è utile fare un grafico di dati sperimentali? Nella vostra risposta spiegate quali vantaggi presenta un grafico rispetto ad una tabella. Riguardatevi bene il Passo 8 prima di rispondere a questa domanda.

7. Avete trovato difficoltà nel misurare il numero di conteggi/minuto per alcuni dei condensatori studiati? Noi abbiamo incontrato difficoltà sia per il condensatore da 0,10 μF che per il condensatore da 2,0 μF. Spiegate i problemi avuti e perchè la vostra curva può non essere precisa quanto quella del Passo 8.

8. Avete usato un intervallo di tempo più lungo di un minuto per misurare il numero di conteggi/minuto per il condensatore da 2,0 μF? Si o no e perchè?

9. Avete usato un intervallo di tempo più breve di un minuto per misurare il numero di conteggi/minuto per il condensatore da 0,10 μF? Si o no e perchè?

10. Con quanta precisione avete ottenuto i valori di capacità per i condensatori usati nel Passo 7. Ritenete che il valore dichiarato avesse una precisione del 2%, 5% o 10%? I nostri condensatori erano probabilmente simili ai vostri ed è certo che noi abbiamo avuto delle dispersioni nei nostri dati sperimentali. Abbiamo cercato di eliminarle, effettuando diverse misurazioni per ogni condensatore ed elaborando una tecnica per la quale potevamo azionare o fermare il contatore decimale 7490 con un errore di non più di ± 1 secondo. Discuteremo di questa tecnica nel Capitolo 2°, all'Esperimento N. 1.

11. Secondo i dati forniti nel Passo 8, quanti conteggi/minuto rileverete per un condensatore da 0,35 μF? Scrivete qui sotto i vostri calcoli.

12. Facendo uso dei dati sperimentali per i due condensatori più grandi dati nel Passo 8, i condensatori da 1,0 e da 2,0 μF, stimate la frequenza di conteggio dei seguenti condensatori:

    0,01 μF
    0,005 μF
    0,002 μF
    0,001 μF

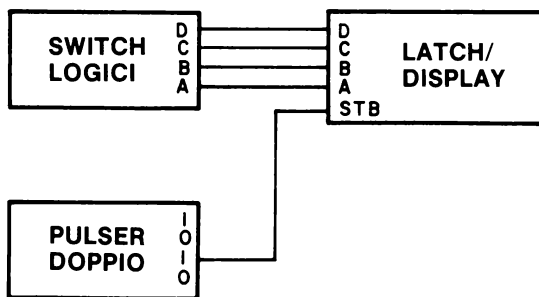
    Le vostre risposte dovrebbero dare frequenze tutte più alte, alcune in misura considerevole, delle frequenze date nella colonna tre del Passo 8.

    NOTA: Se avete difficoltà nella comprensione della matematica insita in questi calcoli, consultate il Manuale degli Insegnanti. Con l'uso dei dati sperimentali del Passo 8 si possono usare diverse tecniche per stimare la frequenza di conteggio dei suddetti condensatori.

ESPERIMENTO N. 9

Scopo

Questo esperimento dimostra il funzionamento dell'Outboard Latch/Display LR-26 o la funzione equivalente dell'Outboard del sistema di Breadboarding LR-25.

Schema del circuito

Passo 1

Per questo esperimento, avrete bisogno soltanto dell'Outboard Switch Logico LR-2, dell'Outboard Generatore di Impulsi Duale LR-7 e dell'Outboard Latch/Display LR-26 o dell'equivalente Outboard Sistema di Breadboarding LR-25 che contiene tutte e tre queste funzioni. Vi converrà togliere tutti gli altri Outboards dalla piastra di breadboarding. Se il chip 7490 fosse ancora collegato vi consigliamo di toglierlo. Lo collegherete all'Outboard Latch/Display in un successivo esperimento.

Passo 2

Collegate il circuito raffigurato nello schema.

Passo 3

Forse il collegamento più importante di questo esperimento è quello fra l'uscita 1 del pulser e l'ingresso di strobe, STB, del latch/display. Quando questo ingresso al display è a 1 logico, noterete che non succede nulla. Quando l'ingresso è a 0 logico, il latch/display seguirà i dati applicati ai pin di ingresso A, B, C e D. Vedrete ora come questo avviene.

Passo 4

Predisponete i quattro switch logici a 0 logico.

Premete e rilasciate il pulser. Che cosa osservate sul latch/display?

Noi osservammo che il latch/display andò a 0.

Passo 5

Ora disponete tutti e quattro gli switch logici a 1 logico. Notate come la lettura del display non è cambiata; è ancora a 0. Queste osservazioni dimostrano che il display non cambia a meno che l'ingresso STB sia a 0 logico. Premete e rilasciate il pulser. Che cosa osservate ora?

Quanto osservate dipenderà dal tipo di display numerico della Hewlett Packard che avete a disposizione. Se è il display esadecimale 5082-7340, vedrete la lettera F. Se è uno dei due display numerici vedrete allora un blank. Che tipo di display avete?

Passo 6

Disponete gli switch logici con D=0, C=1, B=0 e A=1. premete e rilasciate il pulser. Che cosa appare sul latch/display?

Sul nostro apparve il numero 5.

Passo 7

Disponete gli switch logici con D=1, B=0 e A=1. Premete e rilasciate il pulser. Che cosa appare ora?

Noi abbiamo osservato il numero 9.

Passo 8

Cambiate il collegamento fra l'STB e il pulser, all'uscita 0 del pulser. Ora potrete notare dei cambiamenti nelle disposizioni degli switch logici non appena le eseguirete. Variate le disposizioni dei quattro switch logici fra le posizioni 0 e 1 e riportate nella tabella che segue i numeri, le lettere o i simboli che osserverete.

Confrontate i vostri risultati con quelli detti in precedenza per i due tipi di display della Hewlett-Packard.

Stato Logico degli Switch Logici D C B A	*Numero, Lettera o Simbolo osservato*	*Display esadecimale H.P.*	*Display numerico H.P.*
0 0 0 0		0	0
0 0 0 1		1	1
0 0 1 0		2	2
0 0 1 1		3	3
0 1 0 0		4	4
0 1 0 1		5	5
0 1 1 0		6	6
0 1 1 1		7	7
1 0 0 0		8	8
1 0 0 1		9	9
1 0 1 0		A	Tutti i punti accesi
1 0 1 1		B	blank
1 1 0 0		C	blank
1 1 0 1		D	—
1 1 1 0		E	blank
1 1 1 1		F	blank

Che tipo di indicatore della serie Hewlett-Packard 5082-7300 avete? L'indicatore esadecimale o numerico?

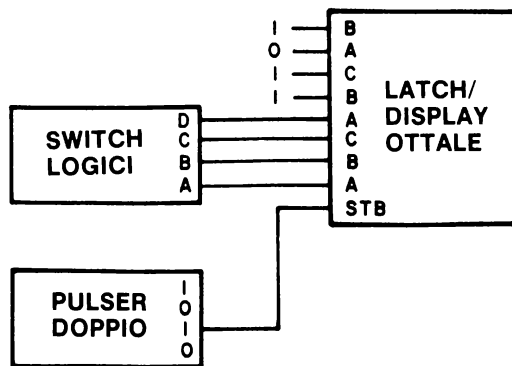
Domande

1. Se studiaste il display a sette segmenti LR-4, vi vedreste un chip di circuito integrato. Se ciò vi incuriosisce, questo è il chip 7447 decoder/driver che sarà discusso nel Capitolo N. 5. Sull'Outboard Latch/Display LR-26 non vi è alcun chip di circuito integrato. Perchè no? Dov'è il decoder/driver? Potete vederlo?

ESPERIMENTO N. 10

Scopo

Questo esperimento dimostra la funzione dell'Outboard Latch/Display Ottale LR-27. Il codice ottale sarà discusso nel Capitolo N. 5.

Schema del circuito

Passo 1

Collegate il circuito come indicato nello schema. Assicuratevi che l'alimentazione non sia inserita. Ricordatevi che "0" rappresenta il potenziale di massa e "1" il +5V. Questo esperimento è in parte simile all'esperimento n. 9.

Passo 2

Disponete i quattro switch logici a 0 logico. Applicate l'alimentazione alla piastra di breadboarding. Che cosa leggete sull'Outboard LR-7? Noi ottenemmo 260_8. La base 8 rappresenta il codice ottale. Lo spiegheremo tra poco.

Passo 3

Disponete gli switch logici con D=1, C=0, B=0 e A=1. Quando avete eseguito questa operazione nell'esperimento n.9, e dopo aver premuto e rilasciato il pulser, avete osservato un 9 sul Latch/Display. Premete e rilasciate ora il pulser e scrivete nello spazio sottostante il numero che leggete sul display.

Noi ottenemmo 271_8.

Passo 4

Cambiate i collegamenti fra l'STB e il pulser all'uscita "0" del pulser. Variate ora la disposizione dei quattro switch logici fra le posizioni "0" e "1" e scrivete sulla tabella di questa pagina i numeri ottali che rivelerete sul display.

Stato Logico degli Switch Logici D	C	B	A	*Numero Ottale Osservato*
0	0	0	0	260_8
0	0	0	1	
0	0	1	0	
0	0	1	1	
0	1	0	0	
0	1	0	1	
0	1	1	0	
0	1	1	1	
1	0	0	0	
1	0	0	1	271_8

Non c'è bisogno di andare oltre in questa tabella.

Passo 5

Non vi sono ingressi D nel codice ottale. Sono consentiti soltanto gli ingressi A, B e C e il numero binario a tre bit più grande è A=1, B=1 e C=1. Ciò che avete ottenuto con questo esperimento, *quale conseguenza del collegamento dell'Outboard Latch/display Ottale LR-27®*, è la conversione di un numero binario a 8 bit in tre cifre ottali, ognuna delle quali può avere un valore variabile tra 0 e 7. Ottale si riferisce a otto stati e come potete notare vi sono effettivamente otto stati nelle cifre da 0 a 7. Questa conversione viene fatta dal meno significativo dei bit al più significativo in due gruppi di tre e un gruppo di due. Per ulteriori dettagli sul codice ottale riferitevi al Capitolo N. 5.

Nell'Esperimento N. 9, con DCBA = 1001, avete letto un 9 sul display. Qui osserverete un 1 sulla cifrá meno significativa. Perchè? Se riuscite a capirlo scrivetene le ragioni qui di seguito.

Domande

1. Secondo voi qual'è la differenza tra codice ottale e codice esadecimale?

2. È possibile cambiare un numero binario a 8 bit in un codice ottale a tre cifre. Spiegate come questo avviene. Se vi serve aiuto, leggete il Capitolo N. 5, anche se non vi troverete la risposta specifica a questa domanda.

3. È anche possibile convertire un numero binario a 8 bit in un codice a due cifre esadecimali. Spiegate ciò che avviene. Questa è una domanda difficile ed è possibile che non riusciate a rispondere solo sulla base della vostra esperienza in elettronica digitale.

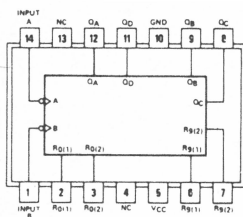
4. Quale codice ritenete di preferire, l'esadecimale o l'ottale? Perchè?

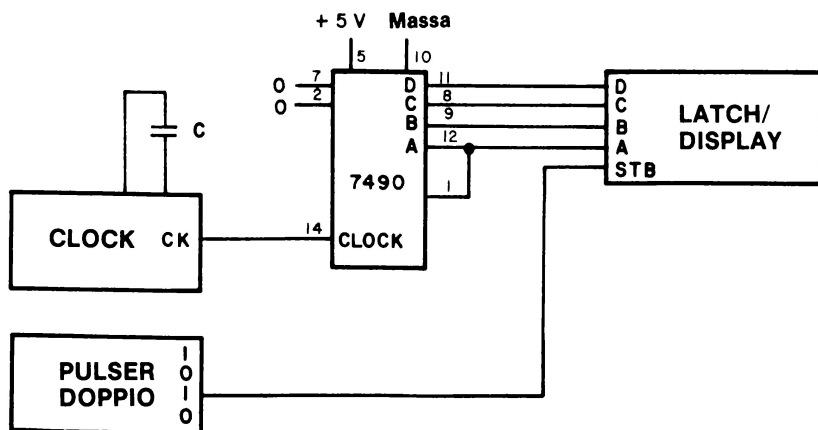
5. Le risposte della Tabella del Passo 4 di questo esperimento solo le rappresentazioni del codice ASCII a 8 bit per i numerali da 0 a 9. Che cosa è il codice ASCII? Se non lo sapete potete leggere il Capitolo N. 5. Nei Bugbooks I e II non avete bisogno del codice ASCII.

ESPERIMENTO N. 11

Scopo

Questo esperimento dimostra l'uso dell'Outboard LR-26 quale display per un contatore 7490 che riceve un segnale di clock da un Outboard LR-5.

Configurazione del pin del circuito integrato

7490

Schema del circuito

Passo 1

Collegate il circuito come nello schema. Assicuratevi che l'alimentazione non sia inserita. Notate la similarità fra questo circuito e quello dell'Esperimento N. 8.

Passo 2

Scegliete un condensatore nella gamma da 0,1 a 1,0 μF per il vostro clock. Noi consigliamo un valore di 0,333 μF che vi darà un ritmo di clock di circa 0,7 Hz. (Nota: osserverete una differenza fra il valore che vi diamo qui e quello datovi nell'Esperimento N. 8. L'Outboard usato nell'Esperimento N. 8 era di una versione precedente).

Passo 3

Applicate l'alimentazione al circuito e osservate se succede qualche cosa.

Noi non notammo alcun mutamento nella lettura del latch/display. Perchè?

Passo 4

Premete il pulser e tenetelo premuto. Che cosa osservate adesso sul latch/display?

Noi osservammo un conteggio sequenziale.

Passo 5

Cambiate il collegamento fra l'ingresso STB del display e il pulser all'uscita "0" del pulser. Che cosa notate adesso?

Sul nostro circuito osservammo un conteggio sequenziale.

Passo 6

Premete il pulser e tenetelo premuto. Che cosa succede?

Noi non notammo più alcun conteggio sul display. Perchè?

Domande

1. Qual'è secondo voi, la finalità dell'ingresso STB al Latch/Display. Spiegatene la funzione.

2. Noi chiamiamo l'ingresso STB ingresso "strobe" o "enable". Potete capire il significato dei due aggettivi? in questo caso descriveteli nello spazio qui di seguito.

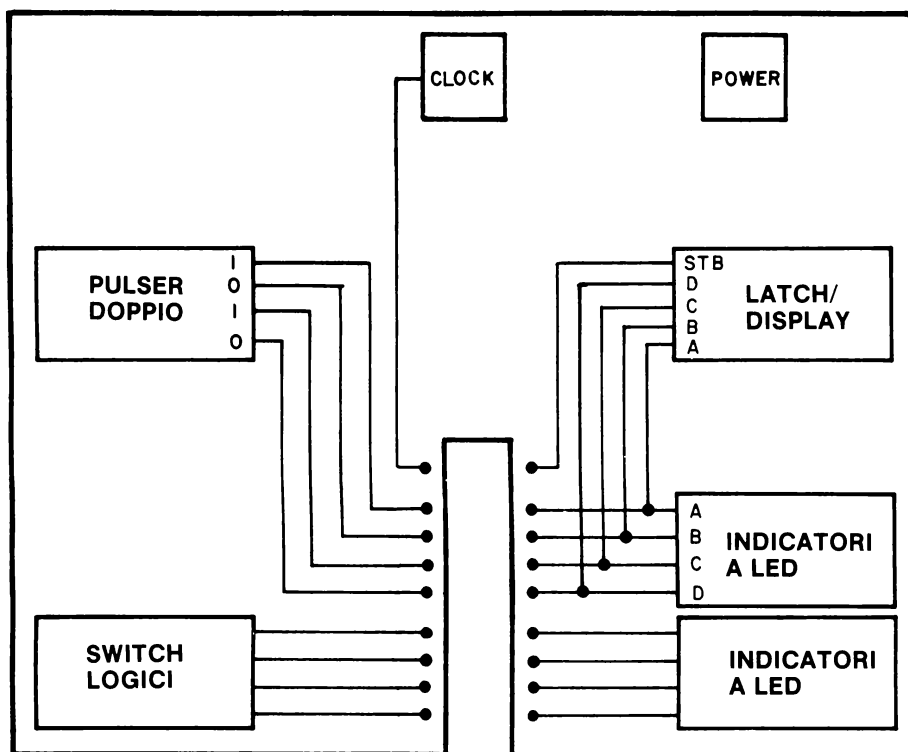
3. Perchè non avete un blank, un segno meno o tutti i punti accesi, se avete un indicatore numerico, o una lettera da A a F se avete un indicatore esadecimale?

4. Quale dei due display preferite, quello dell'Outboard LR-4 o quello dell'Outboard LR-26? Perchè?

ESPERIMENTO N. 12

Scopo

Questo esperimento chiarisce le caratteristiche di funzionamento dell'Outboard Stazione di Breadboarding LR-25®.

Schema dell'Outboard

Passo 1

Studiate attentamente lo schema dell'Outboard LR-25. Noterete che contiene due set di quattro indicatori a LED, un set di quattro switch logici, due debounced pulser, un clock (predisposto per un condensatore di timing) e un ingresso di alimentazione protetta a diodo.

Contiene anche una piastra per un display Hewlett-Packard numerico o esadecimale. Scoprirete che questa stazione di Breadboarding vi consentirà di eseguire quasi tutti gli esperimenti dei Bugbooks I e II.

Passo 2

Inserite la stazione di breadboarding su un lato della piastra di breadboarding SK-10 o SK-50.

Passo 3

Alimentate la Stazione di Breadboarding. Il LED di alimentazione dovrebbe accendersi. Per provare il funzionamento della stazione, vi suggeriamo i primi esperimenti di questo Capitolo secondo l'elenco qui di seguito.

Passo 4

Eseguite gli Esperimenti N. 1 e 2 con l'uso degli indicatori a LED dell'Outboard Station di Breadboarding.

Passo 5

Eseguite gli Esperimenti N. 3 e 4 utilizzando gli switch logici, gli indicatori a LED e il latch/display della Stazione di Breadboarding. Il latch/display sostituisce il display a sette segmenti dell'Esperimento N. 4.

Passo 6

Eseguite gli Esperimenti N. 5 e 6 con l'Outboard Stazione di Breadboarding.

Passo 7

Eseguite l'Esperimento N. 7 con l'Outboard Stazione di Breadboarding.

Passo 8

Eseguite l'Esperimento N. 8 con l'Outboard Stazione di Breadboarding. Vi servirà un condensatore da 0,33 μF per mantenere un ritmo di clock di circa 0,7 Hz.

Passo 9

Eseguite l'Esperimento N. 9 con l'Outboard Stazione di Breadboarding.

ESPERIMENTO N. 13

Scopo

Questo esperimento suggerisce alcuni esercitazioni più avanzate che possono essere effettuate con l'indicatore numerico 5082-7300 della Hewlett-Packard e con l'Outboard Digit Latch/Display Tre Digit LR-28.

Schemi dei circuiti

7490

CK

7490

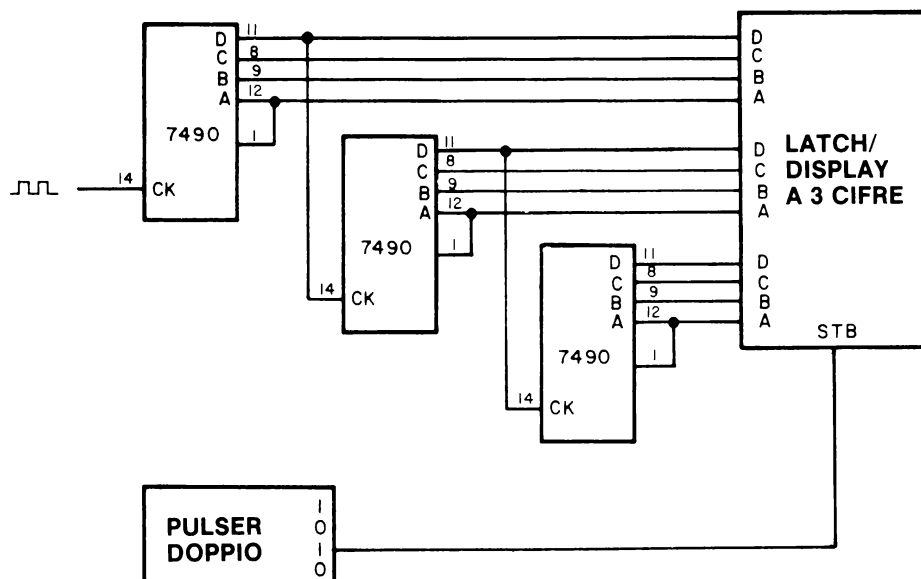
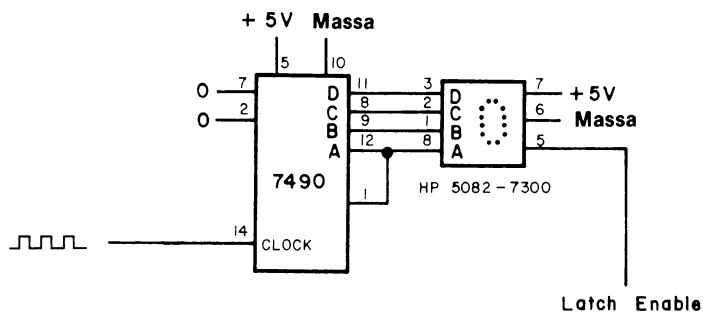
CK

7490

CK

LATCH/
DISPLAY
A 3 CIFRE

STB

PULSER
DOPPIO

NUMERIC and HEXADECIMAL INDICATORS

5082-7300 SERIES

FEATURES

- Numeric 5082-7300/-7302
  - 0-9, Test State, Minus Sign, Blank States
  - Decimal Point
    - 7300 Right Hand D.P.
    - 7302 Left Hand D.P.
- Hexadecimal 5082-7340
  - 0-9, A-F, Base 16 Operation
  - Blanking Control, Conserves Power
  - No Decimal Point
- DTL – TTL Compatible
- Includes Decoder/Driver with Memory
  - 8421 Positive Logic Input
- 4 X 7 Dot Matrix Array
  - Shaped Character, Excellent Readibility
- Standard .600 inch X .400 inch Dual-in-Line Package including Contrast Filter
- Categorized for Luminous Intensity
  - Assures Uniformity of Light Output from Unit to Unit within a Single Category

DESCRIPTION

The HP 5082-7300 series solid state numeric and hexadecimal indicators with on-board decoder/driver and memory provide a reliable, low-cost method for displaying digital information.

The 5082-7300 numeric indicator decodes positive 8421 BCD logic inputs into characters 0-9, a "–" sign, a test pattern, and four blanks in the invalid BCD states, The unit employs a right-hand decimal point. Typical applications include point-of-sale terminals, instrumentation, and computer systems.

The 5082-7302 is the same as the 5082-7300, except that the decimal point is located on the left-hand side of the digit.

The 5082-7340 hexadecimal indicator decodes positive 8421 logic inputs into 16 states, 0-9 and A-F. In place of the decimal point an input is provided for blanking the display (all LED's off), without losing the contents of the memory. Applications include terminals and computer systems using the base-16 character set.

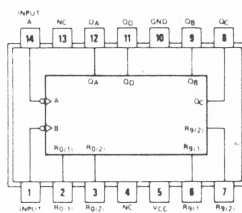
The 5082-7304 is a "±1" overrange character, including decimal point, used in instrumentation applications.

PACKAGE DIMENSIONS

PIN	FUNCTION	
	5082-7300 and 7302 Numeric	5082-7340 Hexadecimal
1	Input 2	Input 2
2	Input 4	Input 4
3	Input 8	Input 8
4	Decimal point	Blanking control
5	Latch enable	Latch enable
6	Ground	Ground
7	V_{CC}	V_{CC}
8	Input 1	Input 1

NOTES:
1. Dimensions in inches and (millimeters).
2. Unless otherwise specified, the tolerance on all dimensions is ±.015 inches.

Per concessione della Hewlett-Packard Corporation, Palo Alto - California.

Configurazione dei pin del circuito integrato

7490

Passo 1

Eseguite due o più esperimenti del Capitolo N. 4. Gli esperimenti vi insegnano a collegare diversi contatori 7490 in serie per creare un contatore multidecimale. Usate l'Outboard Latch/Display Tre Digit LR-28® come indicato nello schema di questo esperimento. Notate che abbiamo omesso i collegamenti ai pin 2 e 7 su tutti i contatori 7490.

Passo 2

Studiate la letteratura, a cura del costruttore, riguardante gli indicatori numerici e esadecimali Hewlett-Packard. Prestate particolare attenzione a quanto si legge sull'angolo inferiore sinistro, sia davanti che dietro, degli indicatori. La funzione dei pin è rilevabile sull'angolo inferiore destro.

Passo 3

Collegate il circuito rappresentato nella pagina precedente. Vi consigliamo di eseguire prima alcuni esperimenti del Capitolo N. 6.

Passo 4

Poichè avete soltanto un contatore, avrete bisogno di un ritmo di clock al contatore piuttosto lento. Vi consigliamo una frequenza di circa 1 Hz. In alternativa potreste usare un pulser o qualche altro dispositivo che generi impulsi di clock lentamente. Collegate allora questo dispositivo all'ingresso di clock del chip 7490, al pin 14.

Passo 5

Alimentate il circuito. Dimostrate il ruolo dell'ingresso LATCH/ENABLE variando gli stati logici di questo ingresso da 0 logico a 1 logico. Quale stato logico abilita il Latch/Display?

Noi osserviamo che il latch/display era abilitato da uno 0 logico.

Passo 6

Con il circuito appena collegato, eseguite l'Esperimento N. 2 del Capitolo N. 8.

Domande

1. Secondo la vostra conoscenza delle caratteristiche della memoria 7475, (vedere Capitolo N. 8) ritenete che l'indicatore 5082-7300 Hewlett-Packard si comporti in maniera simile? Ritenete di poter concludere che l'indicatore in effetti comprende una memoria 7475? Come? Probabilmente dovrete effettuare l'esperimento del Capitolo N. 8 (Esperimento N. 2) prima di rispondere a questa domanda.

2. Che cos'è, secondo voi, una memoria?

3. Perchè pensate che sia utile combinare le funzioni di memoria e di display, così come avviene negli indicatori numerici ed esadecimali della Hewlett-Packard?

4. Gli indicatori numerici e esadecimali della Hewlett-Packard contengono un display a LED, un decoder/driver e una memoria. Potete consigliare un'altra funzione digitale che ritenete utile incorporare in questo tipo di indicatore?

5. Potete anche dare il numero minimo di pin richiesti per il nuovo tipo di indicatore che proponete con la risposta alla domanda N. 4? Studiate lo schema iniziale dell'esperimento mentre pensate la risposta a questa domanda.

COSA AVETE REALIZZATO CON QUESTO CAPITOLO?

Uno sguardo agli obiettivi

È giusto rivedere e commentare i nostri scopi iniziali. Avevamo dichiarato nell'introduzione, che alla fine di questo Capitolo sareste stati in grado di fare quanto segue:

- Preparare gli esperimenti dati nei successivi Capitoli seguendo i passi, le istruzioni, e/o gli schemi che vi sono stati proposti. Negli esperimenti che avete eseguito in questo Capitolo avete avuto un campione dei passi, delle istruzioni e degli schemi che vi vengono forniti per aiutarvi. Se siete riusciti ad eseguire questi esperimenti, sappiate che in linea generale sarete in grado di eseguire, se non la maggior parte, comunque molti altri esperimenti dei successivi Capitoli.

- Dimostrare la funzione dei principali blocchi base del sistema di Breadboarding con gli Outboard LR, compresi:

  Batteria o alimentatore
  Breadboard
  Switch logici
  Indicatori a LED
  Pulser
  Clock
  Display a LED a sette segmenti
  Circuiti integrati
  Condensatori

  Avete usato ciascuno dei suddetti blocchi base in uno o più esperimenti di questo Capitolo. Avete anche letto una descrizione dei blocchi nel materiale introduttivo di questo Capitolo. Avete risposto ad una varietà di domande sulla funzione e operatività dei blocchi. Pertanto dovreste avere una buona familiarità con le suddette funzioni ausiliarie e componenti. Vi mancherà ancora una certa familiarità con i vari chip ma questa mancanza verrà ben presto eliminata nei prossimi due Capitoli.

- Identificare i simboli schematici *usati in questo manuale di laboratorio* per le seguenti funzioni ausiliarie:

  Batteria o alimentatore
  Switch logici
  Indicatori a LED
  Pulser
  Clock
  Display a LED a sette egmenti

  così come i seguenti componenti,

  Chip di circuito integrato
  Condensatori
  Resistori

Nel materiale introduttivo precedente gli esperimenti di questo Capitolo vi abbiamo fornito i simboli schematici di tutti i componenti e le funzioni ausiliarie elencate qui sopra. Voi avete incontrato la maggio parte di questi componenti e funzioni negli schemi degli esperimenti di questo Capitolo.

- Eseguire i collegamenti fra queste funzioni ausiliarie ed i componenti utilizzando un breadboard.

  Lo avete fatto negli 8 esperimenti di questo Capitolo. La piastra SK-10 della E&L Instruments ha svolto la funzione di bradboard. L'alimentazione è stata fornita dal Circuit Designer Powerpack, da una batteria di pile o da un alimentatore esterno.

- Maneggiare con cura le suddette funzioni ausiliarie, i componenti e il breadboard perchè niente venga rovinato durante l'intera serie di esperimenti di questo manuale.

  Gli autori non possono essere sicuri che ciò sia effettivamente avvenuto, in ogni caso è stato dato un gran numero di suggerimenti e consigli. Speriamo che abbiate rispettato almeno quelli più importanti.

- Riconoscere che la maggioranza dei circuiti elettronici digitali semplici si basa su due stati, uno stato logico "0" e uno stato logico "1", che normalmente corrispondono a tensioni di circa 0 V e +5 V nei chip di circuito integrato tipo TTL.

  Questo punto è stato trattato nell'Esperimento N. 1, Passo 6.

CAPITOLO 2

IL "GATING" DI UN SEGNALE DIGITALE

INTRODUZIONE

Uno dei concetti più importanti in elettronica digitale è il concetto di *"gate"*. Vi sono molti metodi di approccio a questo concetto, ma noi pensiamo che uno dei modi migliori per arrivare a comprenderlo sia quello di osservare nella pratica un gate mentre esegue una funzione utile. Per questa funzione abbiamo scelto il gating di una sequenza di impulsi di clock. Questa applicazione particolare di un gate è largamente usata in elettronica digitale e può essere realizzata facilmente, utilizzando la conoscenza che avete acquisito con il precedente Capitolo.

OBIETTIVI

Al termine di questo Capitolo sarete in grado di:

- Dimostrare, attraverso l'uso appropriato di circuiti integrati e di funzioni ausiliarie, come si può "abilitare" o "disabilitare" un ingresso di clock a un 7490 decade counter.

- Confrontare i segnali di gate e le uscite dei seguenti quattro tipi di gate a 2 ingressi:

  2-input AND gate (Porta AND 2-ingressi)
  2-input NAND gate (Porta NAND 2-ingressi)
  2-input OR gate (Porta OR 2-ingressi)
  2-input NOR gate (Porta NOR 2-ingressi)

  quando i dati di ingresso a ognuno di questi gate sono una sequenza di impulsi di clock.

- Superare un test nel quale vi si chieda di definire con parole vostre, senza l'aiuto di questo o di un altro testo di elettronica digitale, i seguenti termini:

inibire	OR gate
to gate (verbo)	NAND gate
abilitare	NOR gate
disabilitare	logica positiva
to strobe (verbo)	logica negativa
gate (sostantivo)	clock
AND gate	gate, gating e gated (aggettivi)

- Scrivere i simboli corretti dei seguenti dispositivi logici:

  2-input AND, NAND, OR e NOR gate
  3-input AND, NAND e NOR gate
  4-input AND e NAND gate
  invertitore
  buffer
  driver

DEFINIZIONI

Abilitare
(To enable)
Riattivare un circuito togliendo un segnale di soppressione.[1]

Amplificatore
(Amplifier)
Un dispositivo che trae alimentazione da una sorgente che non sia il segnale di ingresso e che produce in uscita una riproduzione amplificata delle caratteristiche essenziali del suo ingresso.[1]

Binario
(Binary)
Un sistema di numerazione che utilizza un numero base (o radice) di 2. Nel sistema binario vi sono due cifre (0 e 1).[1]

Cifra binaria
(Binary digit)
Un carattere che rappresenta una delle due cifre nel sistema di numerazione che ha una radice di due. Chiamata anche bit. Una delle cifre, 0 o 1, che può essere usata per rappresentare le condizioni binarie on o off.[1]

Circuito NOT
(NOT circuit)
Un circuito binario con una sola uscita che è sempre l'opposto dell'ingresso. Chiamato anche circuito invertitore.[1]

Codice binario
(Binary code)
Un codice nel quale ogni elemento di codice è uno tra due distinti tipi di valore, cioè la presenza o l'assenza di un impulso.[1]

Contatore binario
(Binary counter)
(1) Un contatore che produce un impulso di uscita per ogni due, quattro, otto, sedici, ecc. impulsi di ingresso. (2) Un circuito di conteggio, nel quale ogni stadio ha due, quattro, otto, sedici, ecc. stati.

Disabilitare
(To disable)
Impedire il passaggio di segnali binari attraverso l'applicazione del segnale appropriato al terminale di disabilitazione del dispositivo.[1]

Fan-in
Il numero di ingressi che può essere collegato a un circuito logico.[1] Un fan-in di uno è quanto serve ad un singolo ingresso di un 7400 NAND gate per funzionare correttamente.

Fan-out
Il numero di carichi paralleli, entro una famiglia logica data, che può essere pilotato (to driver) da un'uscita di un circuito logico.[1]

Gate (aggettivo)
Relativo a un gate (sostantivo).

Gate (sostantivo)
Un segnale usato per abilitare il passaggio di altri segnali attraverso un circuito. Questo segnale è chiamato segnale di gating.[1]

Gate (sostantivo)
Un circuito con due o più ingressi e una uscita. L'uscita dipende dalla combinazione dei segnali logici in ingresso. Ci sono quattro gate (o porte) chiamate AND, OR, NAND e NOR.[1]

Gated (participio passato)	(1) Participio passato del verbo to gate. (2) Relativo ad un dispositivo che richiede un segnale di gating per funzionare. Questo termine non si applica al funzionamento di gate semplici (il termine "gated gate" sarebbe ridondante).
Gating (aggettivo)	Relativo ad un dispositivo, segnale, ecc. che modifica l'operazione di un circuito di gate.
Gating (gerundio)	L'azione del comandare il passaggio di un segnale digitale, come un impulso o una sequenza di impulsi di clock.
Ingresso di clock (Clock input)	Il terminale di ingresso del flip-flop la cui condizione o cambio di condizioni, controlla l'ammissione dei dati attraverso gli ingressi sincroni del flip-flop e quindi lo stato dell'uscita del flip-flop. Il segnale di clock consente l'entrata nel flip-flop dei segnali dei dati, e, dopo l'entrata, determina il cambiamento di stato conseguente del flip-flop.(1) Molti chip MSI contengono flip-flop e quindi richiedono impulsi di clock per il loro funzionamento. Questi impulsi di clock entrano nei pin di ingresso di clock dei chip.
Inibire (To inhibit)	Impedire che un'azione avvenga, o che dei dati siano accettati, applicando un segnale appropriato (generalmente uno 0 logico in logica positiva) a un dato ingresso.(1)
Interruttore (Switch)	Un dispositivo elettrico o meccanico che completa o interrompe il percorso della corrente o la smista su un percorso diverso.(1)
Invertitore (Inverter)	Un circuito con un ingresso e un'uscita la cui funzione è invertire l'ingresso. Quando l'ingresso è alto, l'uscita è bassa e viceversa. L'invertitore è a volte chiamato circuito NOT, poichè produce l'inverso dell'ingresso. Un dispositivo o circuito che complementa una funzione Booleana. Quando l'ingresso è a stato logico 0, l'uscita è a 1 logico e viceversa.(1)
Logica negativa (Negative logic)	Una forma di logica in cui il livello di tensione più positivo rappresenta 0 logico e il livello più negativo rappresenta 1 logico.(1) In molti casi il livello più negativo è conosciuto anche come massa, ma è a uno stato logico 1 in un sistema di logica negativa.(1)
Logica positiva (Positive logic)	Una forma di logica in cui il livello logico più positivo rappresenta 1 e il livello più negativo rappresenta 0.(1)
NAND gate	Una combinazione di una funzione NOT a una funzione AND in un circuito binario che abbia due o più ingressi e una sola uscita. L'uscita è 0 logico soltanto se tutti gli ingressi sono 1 logico; è uno logico se un ingresso è zero logico. Con la logica delle polarità opposte ("logica negativa") questo tipo di gate diventa un gate NOR.(1)

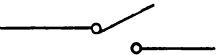
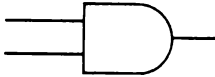
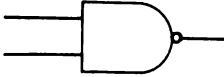
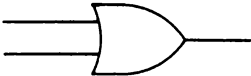
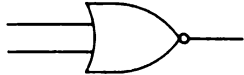
NOR gate	Un gate OR che, seguito da un invertitore, forma un circuito binario in cui l'uscita è 0 logico, se uno degli ingressi è 1 logico, ed è 1 logico soltanto se tutti gli ingressi sono 0 logico. Con la logica delle polarità opposte ("logica negativa") questo tipo di gate è un NAND gate.(1)
Numerale binario (Binary numeral)	La rappresentazione binaria di un numero, esempio, 101_2.(1)
OR gate	Chiamato anche circuito OR. Un gate che segue la funzione logica di "OR inclusivo". Produce una uscita ogni qualvolta uno (o più) dei suoi ingressi è attivato. In un gate OR a due ingressi, quando entrambi gli ingressi sono a 0 logico, l'uscita è a 0 logico.(1) Quando uno solo o entrambi gli ingressi sono a 1 logico, l'uscita è a 1 logico.(1)
Pilota (Driver)	Un elemento accoppiato allo stadio di uscita di un circuito per aumentarne la potenza, la corrente o il fan-out dello stadio.(1)
Porta AND (AND gate)	Un circuito binario con due o più ingressi e una sola uscita, nel quale l'uscita è 1 logico solo quando tutti gli ingressi sono 1 logico, e l'uscita è 0 logico se uno degli ingressi è 0 logico.(1)
Scollegare (Disconnect)	Interrompere un circuito elettrico. Un dispositivo o un gruppo di dispositivi che rimuove la continuità elettrica entro due conduttori di un circuito.(1)
Segnale binario (Binary signal)	Una tensione o corrente che porta informazioni sotto forma di variazioni fra due diversi stati che distano fra loro un intervallo discreto.(1) Questi due stati sono generalmente chiamati stato logico 0 e stato logico 1.
Sistema di di numeri binari (Binary number System)	Un sistema di numeri che utilizza due simboli (normalmente 0 e 1) e che ha 2 quale base, proprio come il sistema decimale usa 10 simboli (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9) e ha una base di 10. Chiamato anche notazione binaria.(1)
To gate (verbo)	Comandare il passaggio di un segnale digitale, come un impulso o una sequenza di impulsi di clock.
To strobe (verbo)	Effettuare il gating di un segnale digitale di ingresso in un contatore, registratore, memoria, ecc.(1)
Trasmettere (Transmit)	Inviare informazioni da un luogo a un altro.(1)
Treno di impulsi di clock (Train of clock pulses)	Una sequenza di impulsi di clock.
7400, 7402, 7408, 7432	Gate logici a due ingressi della diffusa serie 7400.
7490 e 7493	Contatori della serie 7400.

CHE COSA È UN SEGNALE DIGITALE

I *Segnali digitali* sono segnali discreti o discontinui i cui vari stati distano intervalli discreti (Rudclf F. Graf, Modern Dictionary of Electronics, Howard W. Sams & Co., Inc.). Il segnale digitale classico nell'elettronica digitale è un *segnale binario*, che viene definito come una tensione o corrente che trasporta informazioni sotto forma di variazioni fra due diversi stati distanti fra loro un intervallo discreto. Uno di questi stati è chiamato stato logico 0, e l'altro, stato logico 1. Per i segnali di tensione, lo stato logico 0 è tipicamente a potenziale di massa mentre lo stato logico 1 varia fra +3 e +5 V. Per i segnali di corrente, lo stato logico 0 è tipicamente 0 mA, mentre lo stato logico 1 è 20 mA.

QUALI OPERAZIONI POSSIAMO ESEGUIRE SU UN SINGOLO SEGNALE DIGITALE?

Consideriamo la seguente figura:

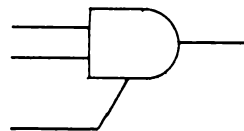
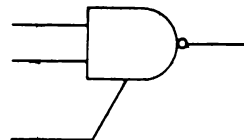
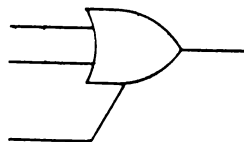
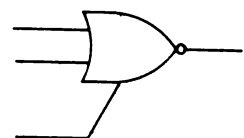
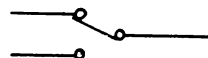
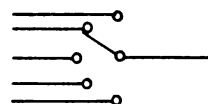
nella quale si indica che un dispositivo digitale converte un segnale digitale in ingresso in un segnale digitale in uscita. Per argomentare meglio potremmo considerare che il segnale digitale di ingresso sia una sequenza di impulsi di clock, che sono rappresentati dal simbolo:

La domanda diventa allora: che cosa succede a questa sequenza di impulsi di clock quando passa attraverso dispositivi digitali diversi? Possiamo rispondere a questa domanda in forma tabulare elencando:

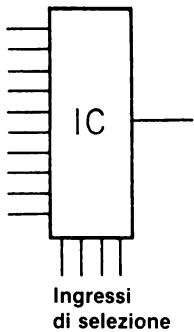
- L'operazione che il dispositivo digitale esegue sul segnale digitale d'ingresso, in questo caso, una sequenza di impulsi di clock.
- Il dispositivo digitale utilizzato per eseguire tale operazione.
- Il simbolo schematico per questo dispositivo digitale.

Nella Tabella 2-1, elenchiamo operazioni diverse normalmente eseguite su un solo *segnale digitale*. Questa tabella è senza dubbio incompleta, ma elenca le operazioni più importanti fra quelle che vi accadrà di incontrare in elettronica digitale.

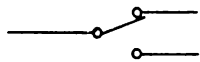
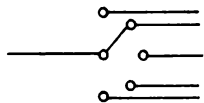
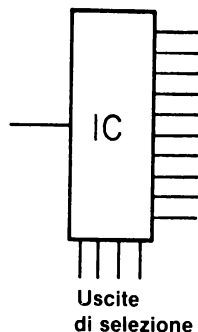
Tabella 2-1. Tipi di operazioni che possono essere eseguite su segnali digitali.

Operazione	*Dispositivo digitale*	*Simbolo del dispositivo digitale*
DISPOSITIVI A UNA SOLA USCITA		
Trasmettere il segnale inalterato	Filo	**Filo**
Invertire il segnale	Invertitore	
Aumentare il livello di tensione del segnale	Amplificatore Pilota	
Aumentare il livello di corrente del segnale	Buffer	
Trasmettere il segnale *oppure* disconnettere il segnale dalla linea di uscita	Deviatore Interruttore	
Trasmettere *oppure* bloccare il segnale	AND gate	
Invertire *oppure* bloccare il segnale	NAND gate	
Trasmettere *oppure* bloccare il segnale	OR gate	
Invertire *oppure* bloccare il il segnale	NOR gate	

Trasmettere *oppure* bloccare il segnale, *oppure* disconnettere il segnale dalla linea di uscita	AND gate a tre stati	
Invertire *oppure* bloccare il segnale, *oppure* disconnettere il segnale dalla linea di uscita	NAND gate a tre stati	
Trasmette *oppure* bloccare il segnale, *oppure* disconnettere il segnale dalla linea di uscita	OR gate a tre stati	
Invertire *oppure* bloccare il segnale, *oppure* disconnettere il segnale dalla linea di uscita	NOR gate tre stati	
Indirizzare il segnale	Interruttore Commutatore	
	Commutatore	

Indirizzare il segnale *oppure* bloccarlo

Selettore di dati/ Multiplexer

DISPOSITIVI A UN SOLO INGRESSO

Indirizzare il segnale

Interruttore

Commutatore

IL SOSTANTIVO GATE

Il sostantivo *Gate* può avere diversi significati, tutti elencati nel "Modern Dictionary of Electronics (Rudolf F. Graf, Howard W. Sams & Co., Inc.).

1. Un circuito con due o più ingressi e un'uscita, la quale dipende dalla combinazione dei segnali logici agli ingressi. Vi sono quattro gate (o porte) chiamati AND, OR, NAND o NOR. Le definizioni presumono che venga usata la logica positiva. Nel campo dei computer, un gate viene spesso definito circuito AND.

2. Un segnale usato per far scattare il passaggio di altri segnali attraverso un circuito. Questo segnale si chiama *segnale di gating* (gating signal) dove il termine gating è un aggettivo.

3. Uno degli elettrodi di un field-effect transistor (FET) (transistor ad effetto di campo.).

4. Un circuito in cui un segnale (normalmente un onda quadra o un impulso) interrompe o attiva un altro segnale.

Tutte queste definizioni e usi del termine gate si incontrano comunemente in elettronica digitale. Leggendo un articolo di elettronica digitale dovrete fare un po' di attenzione per capire in che senso è usato il termine gate. In questo manuale useremo principalmente il significato della definizione 1.

I VERBI: TO GATE E TO STROBE

Il verbo *to gate*, ha normalmente un solo significato: *comandare il passaggio di un segnale digitale, come un impulso o una sequenza di impulsi.* L'uso di questo verbo è molto comune in elettronica digitale. Quando parliamo di "gating un clock" usiamo il verbo "to gate" al gerundio.

Il gerundio *"gating"* può generalmente avere diversi significati:

1. Il selezionare quelle porzioni di onda esistenti durante certi intervalli o aventi certe grandezze.

2. Applicare una tensione rettangolare alla griglia o catodo di un tubo a raggi catodici per sensibilizzarli, soltanto nel momento della deflessione.

3. Applicare una specifica forma d'onda per eseguire una commutazione elettronica.

4. Comandare il passaggio di un segnale digitale, come un impulso o una sequenza di impulsi.

In elettronica digitale incontreremo più comunemente la definizione n° 4.

Un termine relativo è il verbo *"to strobe"*, che generalmente significa *abilitare il passaggio di un segnale d'ingresso digitale in un contatore, registro, memoria, ecc.*
Questo termine si incontra di frequente nella letteratura relativa ai computer ed all'interfacciamento dei minicomputer.

GLI AGGETTIVI: GATE, GATED E GATING

Infine ci sono i tre aggettivi: *Gate, Gated* e *Gating.* Questi aggettivi sono usati nei seguenti modi:

Circuito gate (gate circuit)
Impulso di gate (gate pulse)
Segnale di gate (gate signal)

Gated buffer
Gated driver
Gated flip-flop

Circuito di gating (gating circuit)
Impulso di gating (gating pulse)
Segnale di gating (gating signal)

È meglio definirli singolarmente. (Nota: Ci rendiamo conto del fatto che potreste non sapere o capire molti dei termini usati nelle definizioni precedenti e seguenti, esempio transistor a effetto di campo (FET), elettrodo, onda, griglia, tensione rettangolare, catodo, tubo a raggi catodici, deflessione, forma d'onda, coincidenza, circuito di ritardo, bassa impedenza, driver invertente, differenziazione d'impulsi, fan-out, stadio, flip-flop, ecc. Non è comunque necessario conoscerli per procedere in questo Capitolo.
Continuate pure.

Circuito di gate (Gate circuit)	Un circuito che fa passare un segnale soltanto quando è presente un impulso di gating.(1)
Impulso di gate (Gate pulse)	Un impulso che abilita un circuito di gate a far passare un segnale. Il gate pulse generalmente ha una durata più lunga del segnale al fine di assicurare una coincidenza di tempo.(1)
Segnale di gate (Gate signal)	Quel segnale generato da certe forme di circuito di ritardo.(1) Questo termine può avere anche altri significati.

Gated buffer	Driver invertente a bassa impedenza che può essere usato come driver di linea per differenziazione di impulsi o in multivibratori.(1) In generale un buffer che sia "gated".
Buffer	Un elemento di circuito non invertente che può essere usato per gestire un fan-out grande o per invertire i livelli di ingresso e di uscita.(1)
Fan-out	Il numero di carichi paralleli entro una data famiglia logica, nel nostro caso, TTL, che può essere guidato dalla uscita di un circuito logico.(1)
Fan-in	Il numero di ingressi che può essere collegato a un circuito logico.(1) (Questo termine è in relazione con Fan-out).
Gated driver	In generale, un driver che sia "gated".
Driver (o Pilota)	Un elemento accoppiato allo stadio di uscita di un circuito per aumentare la potenza, la corrente o il fan-out dello stadio per esempio, un driver di clock viene usato per fornire la corrente necessaria a una linea di clock.(1)
Gated flip-flop	Un flip-flop con un circuito di controllo, per impedire che entrambe le uscite del flip-flop diventino "0" nello stesso momento. Devono essere usati impulsi di ingresso in corrente alternata perchè il flip-flop non oscilli. Questa situazione può sorgere se entrambe le linee di ingresso sono poste alte.(1)
Flip-flop	Un circuito multivibratore a due stadi con due stati stabili. Un segnale di trigger cambia il circuito da uno stato all'altro, e il segnale di trigger seguente lo ricambia nello stato precedente. Allo scopo di fare un conteggio o una scala, si può usare un flip-flop per inviare un impulso d'uscita per ogni due impulsi di ingresso.(1)
Circuito di gating (Gating circuit)	Un circuito che funziona come switch selettivo e consente la conduzione soltanto durante gli intervalli di tempo selezionati o quanto la grandezza del segnale è entro limiti prefissati.(1)
Impulso di gating (Gating pulse)	Un impulso che modifica la funzione di un circuito di gate.(1)
Segnale di gating (Gating signal)	Un segnale che modifica la funzione di un circuito di gate.(1)
Trigger	Un impulso che da inizio a un'azione.

Le definizioni suddette dovrebbero essere sufficienti per illustrare l'uso dei tre aggettivi. Ritornate su queste definizioni man mano che procedete col manuale.

SWITCH E GATE: QUAL'È LA DIFFERENZA?

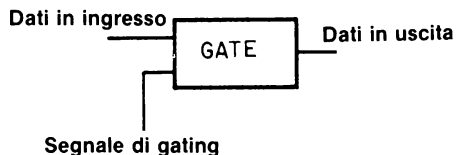
Uno *Switch* può essere definito un *dispositivo meccanico o elettrico che completa o*

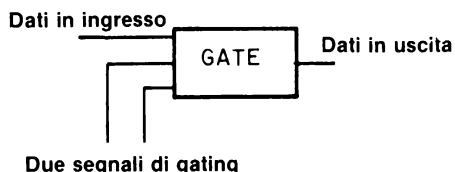
interrompe il percorso della corrente o la invia su un'altro percorso. (Rudolf F. Graf, "Modern Dictionary of Electronics", Howard W. Sams & Co., Inc.). In "Digital Electronics" di H. V. Malmstadt e C. G. Enke (W. A. Benjamin, Inc., New York), gli autori indicano le seguenti differenze fra uno switch e un gate:

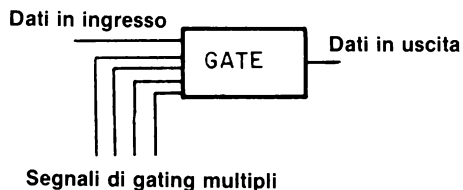
- Uno switch aperto impedisce il passaggio di un segnale, mentre un gate aperto lo consente.
- Un gate è essenzialmente un dispositivo a senso unico, mentre lo switch è un dispositivo a due sensi.
- Quando un gate è chiuso un segnale non può passare.
- Quando uno switch è chiuso, un segnale può passare in una direzione o nell'altra.
- Quando un gate è aperto un segnale può passare soltanto in una direzione.
- Quando uno switch è aperto un segnale non può passare in nessuna direzione.

SIMBOLI DI GATE

La rappresentazione simbolica dei gate è stata normalizzata in tutta l'industria elettronica digitale. Noi useremo questi simboli standard nella maggior parte degli esperimenti di questo manuale. A scopo di discussione useremo anche molte altre rappresentazioni generali di un gate.

GATE A 2 INGRESSI

Questa è la rappresentazione generale di un gate a due ingressi. Uno degli ingressi può essere considerato l'"ingresso dei dati", mentre l'altro ingresso serve al segnale di gating, che determina il blocco dell'ingresso dei dati da parte del gate oppure la sua trasmissione attraverso il gate alla linea di uscita.

GATE A 3 INGRESSI

Questa è la rappresentazione generale di un gate a 3 ingressi. Vi è ancora un solo ingresso di dati, ora però, abbiamo due ingressi di segnale di gating separati. A seconda della natura del gate e degli stati logici dei due segnali di gating, l'ingresso dei dati può essere bloccato oppure inviato, attraverso il gate alla linea di uscita.

GATE A INGRESSI MULTIPLI

Questa è una rappresentazione generale di un gate a ingressi multipli. Generalmente soltanto gli AND gate e i NAND gate sono disponibili con ingressi multipli. Comunque l'uso di gate a ingressi multipli nella tecnologia MSI (medium-scale integration) è molto diffuso.

Tutti i suddetti simboli schematici sottolineano una fra le molte funzioni importanti dei gate logici: il gating di dati digitali dall'ingresso all'uscita del gate. I gate sono anche largamente usati per effettuare decisioni logiche su segnali digitali che non sono specificamente considerati nè "ingressi di dati" nè segnali di gating. In questi casi, è molto più comune l'uso dei seguenti simboli schematici:

GATE LOGICO A 2 INGRESSI

Questa è una rappresentazione generale di un gate logico a due ingressi. A e B sono gli ingressi e Q è l'uscita.

GATE LOGICO A 3 INGRESSI

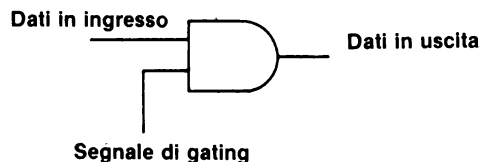
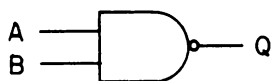
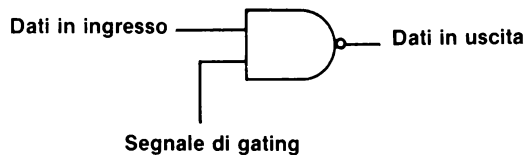
Questa è una rappresentazione generale di un gate logico a tre ingressi. A, B e C sono gli ingressi e Q è l'uscita.

GATE LOGICO A 4 INGRESSI

Questa è una rappresentazione generale di un gate logico a quattro ingressi. A, B, C e D sono gli ingressi e Q è l'uscita.

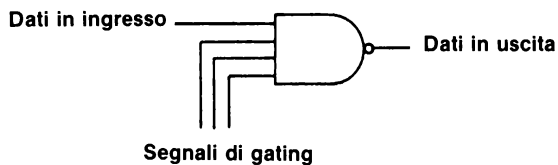
Oltre alla rappresentazione generale di un gate, data qui sopra, vi sono anche rappresentazioni specifiche per i quattro gate più comuni AND, NAND, OR e NOR. In questo manuale utilizzeremo due simboli per questi gate: (1) Un simbolo che pone l'accento sul fatto che stiamo facendo passare dati in ingresso attraverso il gate e (2) un simbolo che riflette il fatto che il gate viene usato come gate logico nel quale solitamente non vi è distinzione specifica fra "ingresso dati" e "segnali di gating". Pertanto abbiamo:

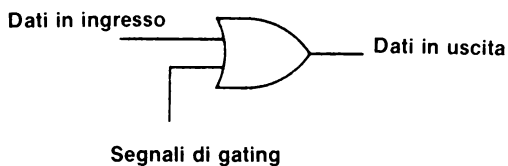
AND GATE A 2 INGRESSI

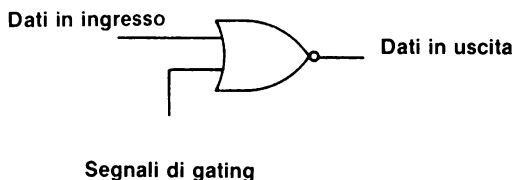
Questi sono i due simboli di un AND gate a 2 ingressi.

NAND GATE A 2 INGRESSI

Questi sono i due simboli di un NAND gate a 2 ingressi.

NAND GATE A 3 INGRESSI

Questi sono i due simboli di un NAND gate a 3 ingressi

NAND GATE A 4 INGRESSI

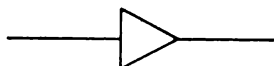
Questi sono i due simboli di un NAND gate a 4 ingressi.

OR GATE A 2 INGRESSI

Questi sono i due simboli di un OR gate a 2 ingressi.

NOR GATE A 2 INGRESSI

Questi sono i due simboli di un NOR gate a 2 ingressi.

In aggiunta ai suddetti gate ci sono anche i simboli schematici di un invertitore, di un buffer e di un driver.

INVERTITORE

Questo è il simbolo di un invertitore.

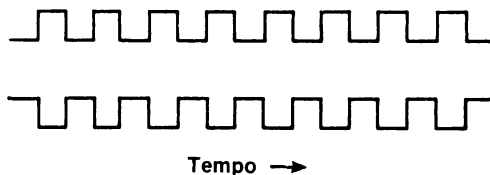
DRIVER, BUFFER o AMPLIFICATORE

Questo è il simbolo di un buffer o di un driver o di un amplificatore. Questi dispositivi sono usati per aumentare la capacità di fan-out, o di drive, di gate logici digitali.

Invertitori, buffer e driver non sono dei gate, ma anche questi eseguono operazioni utili su segnali digitali. Invertitori e, a volte, driver possono essere creati da alcuni gate. Ne parleremo fra breve.

MANIPOLAZIONE DI UNA FREQUENZA DI IMPULSI DI CLOCK

Un *impulso di clock* è stato definito in precedenza, un ciclo logico completo, cioè una transizione da 0 logico a 1 logico e ancora a 0 logico, ed è rappresentato dal simbolo seguente:

oppure una transizione da 1 logico a 0 logico e ancora a 1 logico, la quale è rappresentata da un simbolo simile al primo:

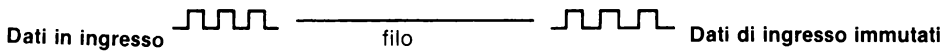
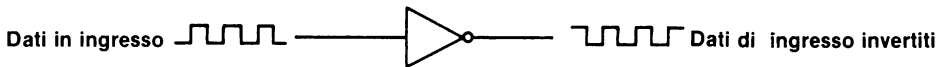
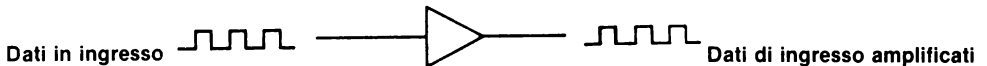
Una sequenza di impulsi di clock può essere rappresentata dai simboli:

rispettivamente, per una sequenza di impulsi di clock normale o invertita. Le sequenze normali o invertite sono *complementari* fra loro.

Una sequenza di impulsi di clock può essere:

- Trasmessa immutata
- Invertita
- Inibita
- Ri-indirizzata
- Disconnessa dalla linea di ingresso
- Amplificata

oppure una combinazione di queste operazioni:

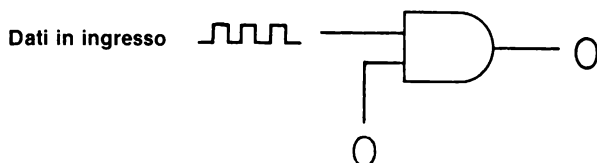
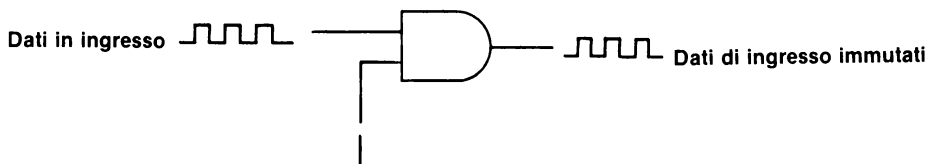
- Trasmessa o inibita
- Invertita o inibita
- Trasmessa e amplificata
- Invertita e amplificata
- Trasmessa o disconnessa dalla linea di ingresso
- Trasmessa o inibita o disconnessa dalla linea di ingresso
- Invertita o inibita o disconnessa dalla linea di ingresso
- Ri-indirizzata o inibita
- Invertita e ri-indirizzata o inibita

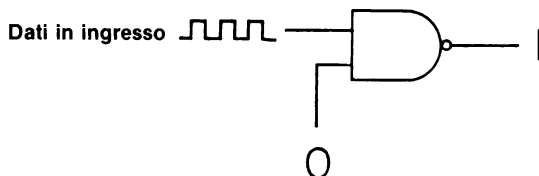
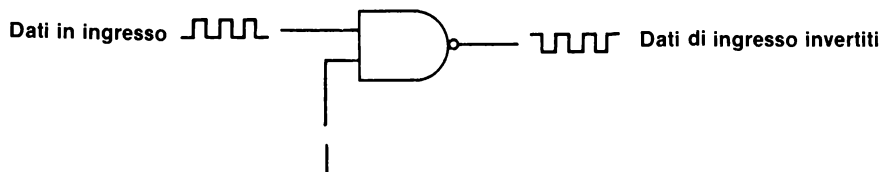
L'operazione più semplice su una sequenza di impulsi di clock è quella di trasmetterla immutata. Ciò avviene per mezzo di un filo. Il simbolo per questa operazione è:

Subito dopo, l'operazione più semplice su una sequenza di impulsi di clock è quella di invertirla e ciò avviene per mezzo di un invertitore. Il simbolo per questa operazione è:

Una terza operazione semplice che si può eseguire su una sequenza di impulsi di clock è quella di amplificare gli impulsi utilizzando un buffer, un driver o un amplificatore. Pertanto abbiamo:

Al di là di queste tre operazioni entriamo nel concetto del "gating di una sequenza di impulsi di clock", che verrà descritto nella sezione che segue.

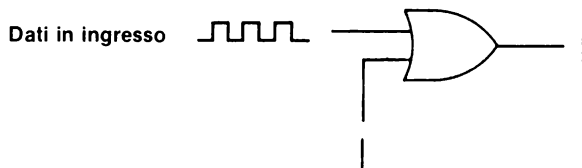
IL GATING DI UNA SEQUENZA DI IMPULSI DI CLOCK

Quando attuiamo il gate di una sequenza di impulsi di clock o la blocchiamo o la trasmettiamo alla linea di uscita nella forma normale o invertita. Usiamo quattro semplici gate: l'AND gate, il NAND gate, l'OR gate e il NOR gate. Tratteremo ora questi gate uno per uno.

L'AND gate

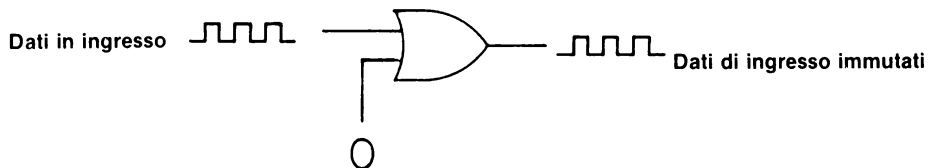
Quando il segnale di gating ad un AND gate è a 0 logico, i dati di ingresso, quali una sequenza di impulsi di clock, non possono passare attraverso il gate. Ciò è rappresentato nel seguente schema:

Quando invece, il segnale di gating all'AND gate è allo stato logico 1, i dati di ingresso sono direttamente trasmessi all'uscita senza inversione:

Il NAND Gate

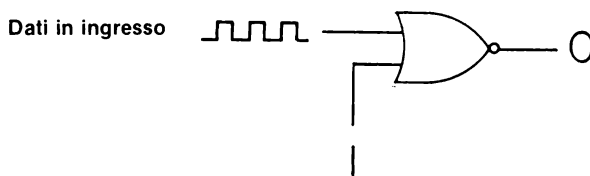
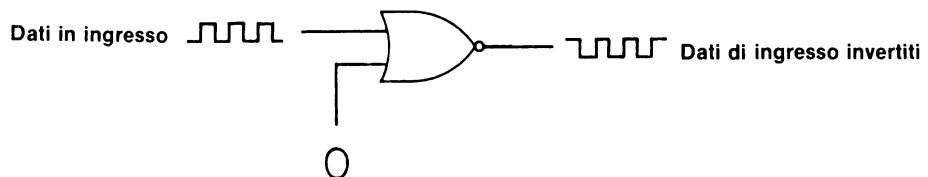
Il NAND gate, già conosciuto anche come AND gate "negato", è piuttosto simile all'AND gate. Quando il segnale di gating è a 0 logico, i dati di ingresso sono bloccati come nello schema seguente:

Invece, quando il segnale di gating è allo stato logico 1, avremo all'uscita del gate i dati di ingresso invertiti. Per una sequenza di impulsi di clock l'operazione può essere rappresentata da:

L'OR Gate

Nell'OR gate, il dato di ingresso è bloccato con l'applicazione di uno stato logico 1 all'ingresso del segnale di gating:

L'uso di uno 0 logico farà si che il dato di ingresso sia direttamente trasmesso all'uscita senza inversione, come segue:

Dati in ingresso

Dati di ingresso immutati

0

Il NOR Gate

Il NOR gate, o OR gate "negato", è in relazione con l'OR gate come lo è il NAND gate rispetto all'AND gate. Come per l'OR gate, l'uso di un segnale di gating a 1 logico, impedisce completamente al dato d'ingresso di apparire all'uscita del gate:

Infine, l'uso di un segnale di gating a 0 logico, determinerà la disponibilità del dato di ingresso invertito, all'uscita del gate:

CONFRONTO TRA I VARI TIPI DI "GATING"

Nella sezione precedente ci interessava sapere se il gate bloccava i dati o no, e se i dati non bloccati erano normali o invertiti, pittosto che sapere che cos'era lo stato logico all'uscita del gate quando i dati di ingresso erano bloccati. Gli importanti risultati ottenuti possono essere riassunti in due tabelle: (1) La tabella 2-2 che dà lo stato logico del gating signal richiesto per aprire ciascuno dei quattro gate, e (2) la tabella 2-3, che dà sia lo stato logico del segnale di gating sia quello dell'uscita di gate quando i dati d'ingresso sono bloccati.

Tabella 2-2. Lo stato logico del segnale di gating richiesto per aprire i quattro gate. È elencata anche la natura del segnale di uscita dei dati.

Gate	*Stato Logico del Segnale di Gating*	*Natura dei Dati in Uscita*
AND	1	Dati d'ingresso immutati
NAND	1	Dati d'ingresso invertiti
OR	0	Dati d'ingresso immutati
NOR	0	Dati d'ingresso invertiti

Tabella 2-3. Stato logico del gating segnale di gating e natura del segnale di uscita quando tutti e quattro i gate sono bloccati.

Gate	*Stato Logico del Segnale di Gating*	*Stato Logico dell'Uscita*
AND	0	0
NAND	0	1
OR	1	1
NOR	1	0

ALTRA TERMINOLOGIA INERENTE A "GATING": INIBIRE O ABILITARE/DISABILITARE UN GATE

Quando abbiamo descritto le caratteristiche di un gate, abbiamo usato le parole "apre", "chiude", "blocca" e "sblocca". Altri tre verbi che incontrerete di frequente sono: *inibire, abilitare* e *disabilitare* un gate. Secondo il "Modern Dictionary of Electronics" (Rudolf F. Graf. Howard W. Sams & Co., Inc.) questi tre verbi hanno il seguente significato:

Inibire	Impedire ad un'azione di aver luogo, o ai dati di essere accettati, applicando un segnale appropriato a una certa uscita.
Abilitare (To enable)	Consentire ad un circuito di essere attivato rimuovendo un segnale di soppressione.
Disabilitare (To disable)	Impedire il passaggio di segnali binari applicando il segnale appropriato al terminale di disabilitazione del dispositivo.

Dal contesto della nostra precedente discussione dovrebbe essere chiaro che:

Aprire un gate = Abilitare un gate = Sbloccare un gate = "To strobe" un gate

Chiudere un gate = Disabilitare un gate = Inibire un gate = Bloccare un gate

Aprire, abilitare e sbloccare sono essenzialmente sinonimi, come lo sono chiudere, disabilitare, inibire e bloccare. Poichè *abilitare, disabilitare* e *inibire* hanno minori connotazioni di aprire, chiudere, bloccare e sbloccare, i professionisti del campo dell'elettronica digitale preferiscono usare il primo gruppo di termini, anche se molti, all'inizio potrebbero non saper cosa significano. In elettronica digitale, i termini, abilitare, disabilitare e inibire sono semplicemente più precisi di aprire, chiudere, ecc. Noi non siamo per il gergo non necessario, ma francamente ci piace il suono di parole come strobe, abilitare, disabilitare, inibire e simili. Sono incisivi e piuttosto precisi nel loro significato. Nella strumentazione digitale questi termini si incontrano di frequente sui pin di uscita o sul pannello di uscita.

LOGICA POSITIVA IN CONTRAPPOSIZIONE A LOGICA NEGATIVA

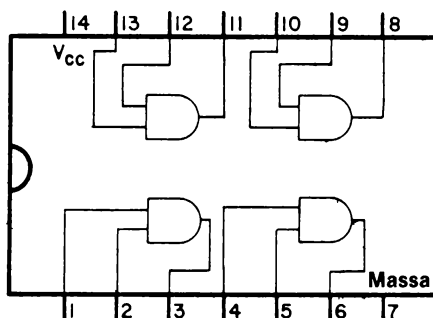
I termini *logica positiva* e *logica negativa* possono essere definiti come segue:

Logica positiva (Logic positive)	Una forma di logica in cui il livello logico più positivo (nel nostro caso +5 V) rappresenta 1 logico e il livello logico più negativo (nel nostro caso il potenziale di massa) rappresenta 0 logico.
Logica negativa (Logic negative)	Una forma di logica in cui il livello logico più positivo (nel nostro caso +5 V) rappresenta 0 logico e il livello logico più negativo (nel nostro caso la massa) rappresenta 1 logico.

Per esempio, quando i due ingressi a un NAND gate positivo a due ingressi sono a +5 V, l'uscita è a potenziale di massa. Vi inviamo al Capitolo N. 7 per una trattazione più dettagliata di logica negativa e positiva. In quel Capitolo vi spieghiamo perchè è utile, a volte, distinguere fra logica positiva e logica negativa.

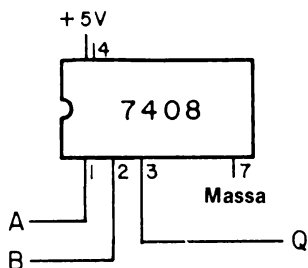
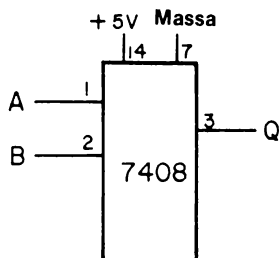
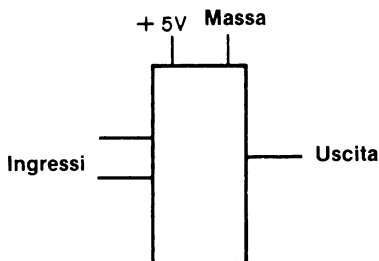
COME RAPPRESENTARE I CHIP DI CIRCUITO INTEGRATO: UN AND GATE A DUE INGRESSI

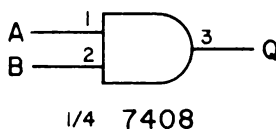
Ora che abbiamo discusso il background generale dei gate logici semplici, siamo pronti per eseguire una serie di esperimenti che dimostrano specificatamente come possiamo effettuare il "gate" di un clock. Prima di incominciare con gli esperimenti, però, vorremmo parlare di un argomento che riteniamo estremamente importante, e cioè qual'è il modo più efficace di rappresentare il collegamento a un chip di circuito integrato. Nel Capitolo N. 1, dalla Fig. 1-17 alla Fig. 1-27, abbiamo dato l'effettiva posizione fisica delle funzioni ausiliarie e del chip di circuito integrato, più tutto, o in parte, il collegamento necessario sul breadboard SK-10. Man mano che arriviamo a circuiti elettronici digitali più complicati, esempio, circuiti che richiedono quattro o cinque diverse funzioni ausiliarie e quattro o cinque chip diventerà sempre più difficile fare delle figure come quelle dalla 1-17 alla 1-27. Nel corso del nostro lavoro con gli studenti abbiamo osservato che qualsiasi schema dei collegamenti che indichi l'effettiva posizione fisica dei componenti, delle funzioni e dei fili, *diventa troppo complicato da leggere quando sono richiesti più di venticinque fili.* Evidentemente dobbiamo studiare un sistema migliore per aiutarvi a collegare i circuiti digitali. Prima ci riusciamo, più facile sarà per voi collegare anche circuiti complessi.

Forse il problema più importante da risolvere al momento è: come fornirvi uno schema o una rappresentazione simbolica che vi faciliti il collegamento di un chip di circuito integrato. Vediamo di rispondere a questa domanda considerando come potremmo rappresentare il collegamento a un *7408 quad 2-input positive AND gate* la cui configurazione dei pin vi viene data qui di seguito:

Il numero 7408, è il numero del chip IC (circuito integrato), che viene assegnato a ogni AND gate positivo a due ingressi che abbia la stessa configurazione dei pin e le stesse specifiche elettriche del primo chip IC 7408 della Texas Instruments di qualche anno fa. Questo tipo di chip è fatto da almeno cinque fabbricanti, compresi Signetics, National Semiconductor, Sprague, Stewart Warner Corporation e altri. Il termine *quad* significa che abbiamo sul chip quattro AND gate positivi a due ingressi separati. L'aggettivo *positivo* indica che abbiamo sul chip quattro AND gate a logica positiva. È chiaro infine che abbiamo due ingressi per ognuno degli AND gate, di qui la specificazione *a due ingressi.*

Supponiamo di voler collegare un AND gate positivo a due ingressi, nel quale i due ingressi sono A e B e l'uscita è Q. Il simbolo appropriato è indicato qui di seguito ed è quello che vi daremo in uno schema.

Quale potrebbe essere per noi il modo più efficace per mostrarvi come collegare questo semplice circuito digitale? Potremmo proseguire con il metodo usato nel Capitolo 1 e indicare l'esatta sistemazione dei componenti e dei fili, come abbiamo fatto nella figura 2-1. Questo potrebbe andare bene per un circuito così semplice, ma ha il grosso difetto di non spingere gli studenti a diventare indipendenti e creativi nel collegamento di circuiti digitali. Che altro possiamo fare?

Un secondo possibile approccio è indicato qui di seguito, nel quale disegnamo in scala un chip di circuito integrato 7408 e vi indichiamo il numero dei pin e i collegamenti da fare. Notate che abbiamo numerato specificatamente i pin 1, 2, 3, 7 e 14 e questi sono i pin che devono essere collegati sul vostro breadboard. Secondo noi, questo tipo di approccio non è migliore, in modo apprezzabile, del primo. Con un circuito complicato che contenga quattro o cinque chip IC e molti fili, potreste avere delle difficoltà a capire che cosa fare. Allora, quale può essere una terza alternativa?

Un terzo approccio, e a noi piace molto, è il seguente:

Questa rappresentazione utilizza proprio gli stessi principi che abbiamo discusso nel Passo 3 dell'Esperimento N. 7 del Capitolo 1; i pin non sono più sistemati in ordine sequenziale ma sono stati disposti in modo da rendere lo schema più facile alla lettura. *Questa rappresentazione non ha una tacca semi-circolare pertanto non rappresenta la configurazione dei pin del vero circuito integrato 7408.* Notate che i due ingressi sono a sinistra, l'uscita a destra ed i due collegamenti dell'alimentazione, — massa e +5 V - sono sopra.

Useremo questo tipo di rappresentazione costantemente lungo tutto il manuale di laboratorio soprattutto per chip a media-scala di integrazione come contatori, shift register, decoder, multiplexer e simili.

Potremmo fermarci qui ma non lo facciamo. Per finire la nostra discussione dobbiamo aggiungere che c'è un modo ancora più comune per rappresentare il collegamento dei pin per chip a gate semplici. Questo modo è indicato qui sotto.

Notate che abbiamo usato il simbolo corretto di un AND gate a 2 ingressi e l'abbiamo modificato dandogli gli effettivi numeri dei pin richiesti per i due ingressi e per l'unica uscita. Questi sono, rispettivamente, i numeri 1 e 2, e 3. Osservate anche che non abbiamo indicato i due collegamenti di alimentazione dei pin 7 e 14 del chip 7408. *In questa rappresentazione si presume che eseguirete questi due collegamenti all'alimentazione altrimenti il chip IC non funzionerà!* La quantità "1/4 7408" vuol dire che stiamo usando soltanto un quarto del chip 7408. Dato che il chip contiene quattro AND gate, un quarto del chip significa che stiamo usando un solo AND gate. Questo tipo di rappresentazione è comune nella letteratura elettronica digitale; la maggior parte degli schemi rappresenta gate semplici esattamente in questa maniera:

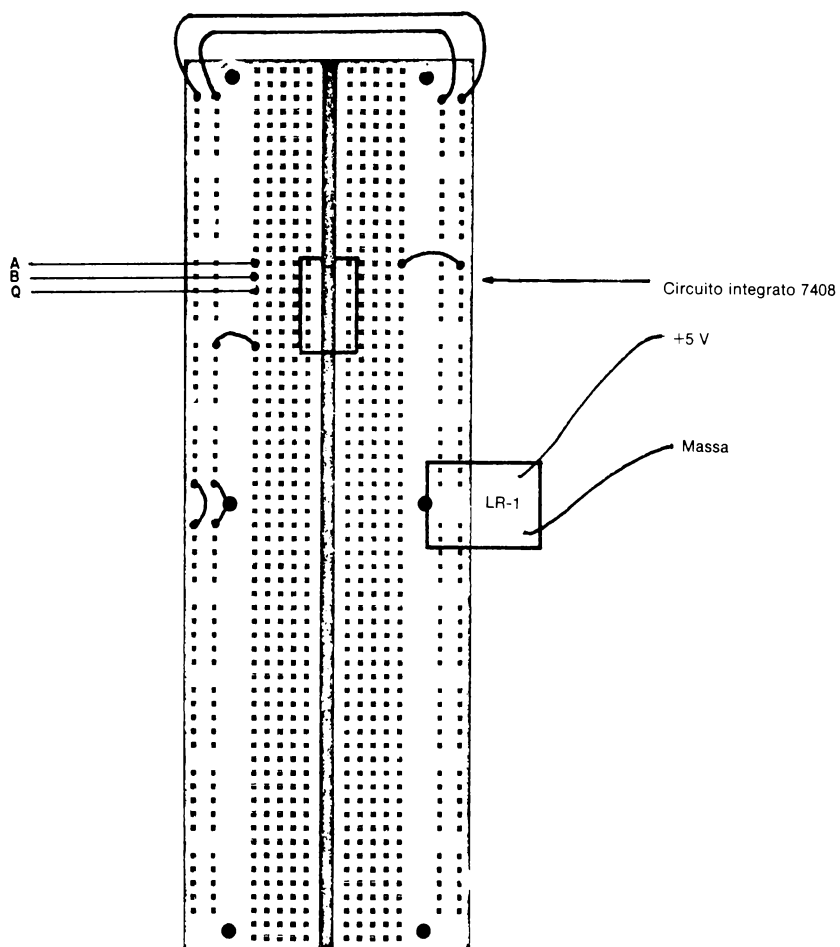
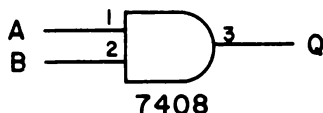



Figura 2-1. Schema di collegamento di un solo AND gate positivo a due ingressi di un chip di circuito integrato 7408.

Noi porteremo un piccolo cambiamento a questo metodo largamente usato di rappresentare gate semplici e i loro collegamenti di pin: tralasceremo di scrivere "1/4", "1/3", "1/6" e "1/2" prima del numero del chip. Pertanto, la nostra rappresentazione finale relativa a un solo AND gate a due ingressi di un chip 7408 - quella che useremo in questo manuale - sarà come quella che segue:

Ricordate, che per collegare correttamente il suddetto gate, dovete essere sicuri che i collegamenti di alimentazione ai pin 7 e 14 del chip sono eseguiti in modo giusto. Se sbagliate a fare questi collegamenti il chip non funzionerà.

Quanto abbiamo discusso sopra è molto importante e vi richiediamo di rileggere se non capite appieno la linea di ragionamento che abbiamo seguito. Figure come la 2-1 non sono nè necessarie nè pratiche per ogni esperimento. Imparando a collegare i circuiti digitali da una rappresentazione di un tipo più generale di circuito acquisirete l'abilità di collegare qualsiasi tipo di breadboard con qualsiasi hardware e non soltanto con gli OUTBOARD LR®.

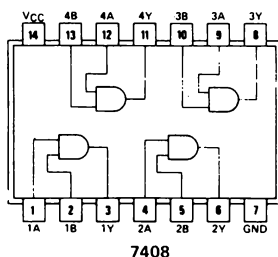
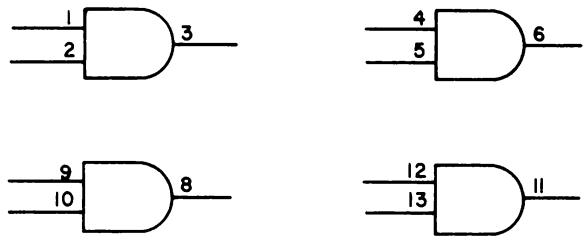
CONFIGURAZIONE DEI PIN DI IC SEMPLICI CON GATE A DUE INGRESSI

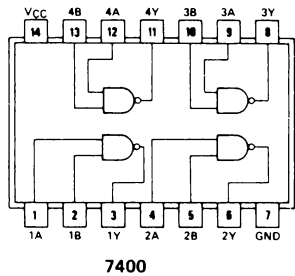
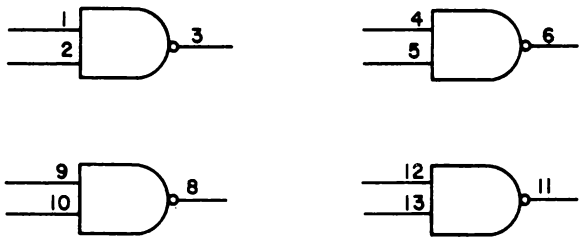
In questo Capitolo eseguiremo gli esperimenti usando quattro chip molto semplici:

- il 7408 quad 2-input positive AND gate
- il 7400 quad 2-input positive NAND gate
- il 7432 quad 2-input positive OR gate
- il 7402 quad 2-input positive NOR gate

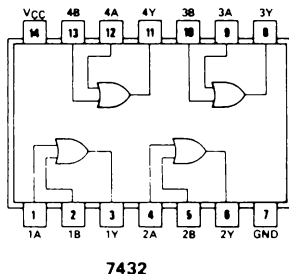
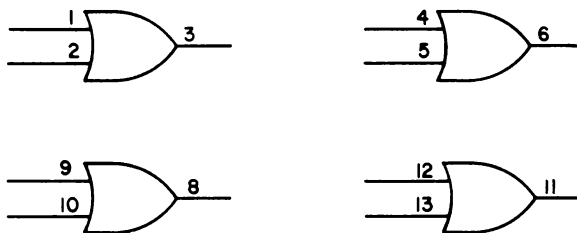
È bene commentarli brevemente.

Il chip 7408 Quad 2-Input Positive AND Gate

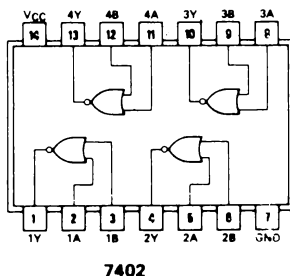
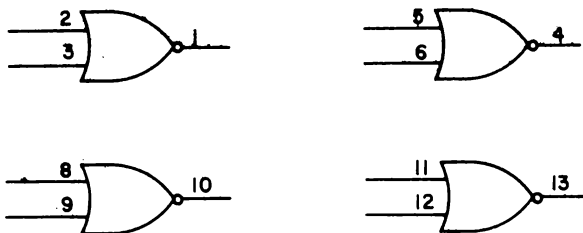
La "configurazione dei pin" o "assegnazione dei pin" del 7408 quad 2-input positive AND gate è la seguente:

Questo chip, naturalmente, è già stato raffigurato in precedenza. Notiamo che ci sono quattro AND gate **indipendenti** a due ingressi che possono essere rappresentati schematicamente nel modo seguente:

Il Chip 7400 Quad 2-Input Positive NAND Gate

Il chip 7400 quad 2-input positive NAND gate appare molto simile al chip 7408. Come in questo l'alimentazione è applicata ai pin 7 (massa) e 14 (+5 V). La configurazione dei pin è:

e i quattro NAND gate a due ingressi **indipendenti** possono essere rappresentati così:

Il Chip 7432 Quad 2-Input Positive OR Gate

Il chip 7432 quad 2-input positive OR gate è, come avrete indovinato, abbastanza simile ai chip 7400 e 7408. Gli ingressi dei gate, le uscite dei gate e i collegamenti sono tutti allo stesso posto, come si può vedere dalla seguente configurazione schematica dei pin:

7432

I quattro OR gate **indipendenti** a due ingressi possono essere così rappresentati:

Il Chip 7402 Quad 2-Input Positive NOR Gate

Infine, abbiamo il chip 7402 quad 2-input positive NOR gate. Questo chip è leggermente diverso dagli altri tre. Sebbene i collegamenti di alimentazione siano allo stesso posto (pin 7 e 14), gli ingressi e le uscite dei gate sono un po' diversi. Vi interesserà studiare attentamente la seguente configurazione dei pin:

7402

Possono essere rappresentati così i quattro NOR gate **indipendenti** a due ingressi:

INTRODUZIONE AGLI ESPERIMENTI

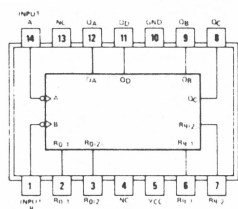
La sezione precedente completa il background generale della nostra discussione conducendoci agli esperimenti dai quali impareremo come effettuare il "gate" di un segnale digitale, nel nostro caso, una sequenza di impulsi di clock. Questo non è tutto ciò che avremo da dire sui gate. In un successivo Capitolo studieremo altri importanti chip di gate della serie 7400.

Pensiamo che una delle applicazioni più importanti di gate singoli in elettronica digitale è l'effettuare il "gate" di dati di ingresso in contatori, flip-flop, shift register, memorie e simili. Gli esperimenti che descriveremo dovrebbero darvi una buona conoscenza per quanto riguarda queste applicazioni.

ESPERIMENTO N. 1

Scopo

Questo esperimento dimostra il funzionamento di un AND gate positivo a due ingressi della serie 7408 come "gate" per un circuito integrato 7490 decoder counter.

Configurazione del pin del circuito integrato

7490

7408

Schema del circuito

+5V Massa

C

CLOCK

7490

D C B A

DISPLAY A 7 SEGMENTI

7408

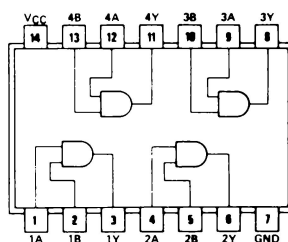
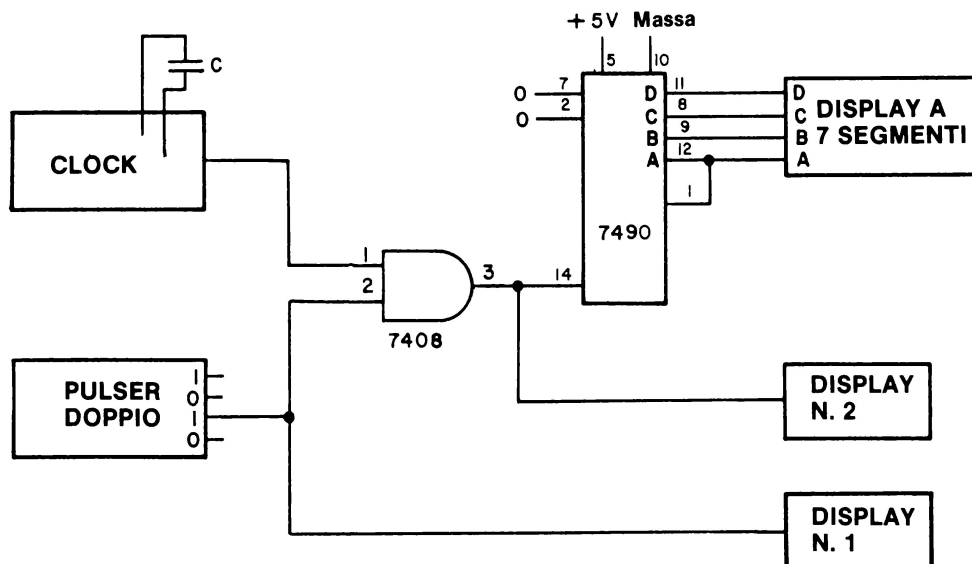
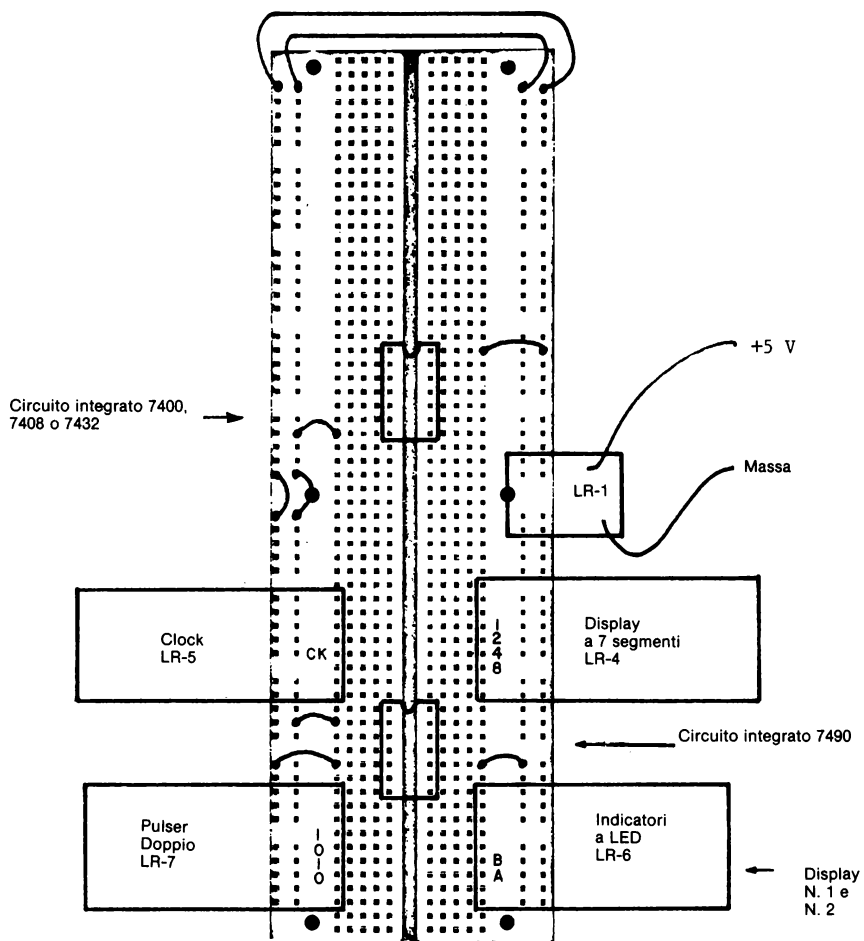
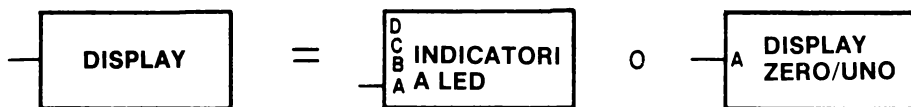
PULSER DOPPIO

DISPLAY N. 2

DISPLAY N. 1

Figura 2-2. Schema parziale dei collegamenti per gli esperimenti da 1 a 5 del Capitolo 2.

In questo schema diamo la rappresentazione generale di un display.

Due display utili sono l'Outboard Indicatore a LED LR-6®, che può fornire fino a 4 diversi display, e l'Outboard Display a LED a sette segmenti LR-4®, che è collegato come un display zero/uno. La scelta a voi.

Passo 1

Osservate lo schema del circuito e la figura 2-2. Al circuito dell'Esperimento N. 8 del Capitolo 1 abbiamo aggiunto:

- un pulser
- due display
- un solo gate del chip 7408 quad 2-input positive AND gate

Inserire piano gli Outboards LR-4, LR-5, LR-7 e quello di display nei loro posti sulla piastra SK-10. Potete seguire la figura 2-2 o potete decidere voi la posizione da dare agli Outboards.

Passo 2

Senza applicare l'alimentazione al breadboard, eseguite i necessari collegamenti come da schema di questo esperimento. Noterete che nella figura 2-2 abbiamo indicato la sistemazione di diversi chip di gate logici a due ingressi: i chip 7400, 7402, 7408 e 7432. A voi non servono tutti questi chip per l'esperimento; basterà il 7408. Gli altri tre chip saranno studiati in esperimenti successivi.

I collegamenti richiesti sono i seguenti:

- Il pin 14 del chip 7408 è collegato a +5 V.
- Il pin 7 del chip 7408 è collegato a massa.
- Il pin 3 del chip 7408 è collegato al pin 14 del chip 7490 e anche al LED B dell'indicatore a LED. (Display n. 2).
- Il pin 2 del chip 7408 è collegato a un'uscita "1" del pulser Outboard Generatore di Impulsi LR-7® e al LED A dell'indicatore a LED. (Display n. 1).

- Il pin 1 del chip 7408 è collegato all'uscita del clock dell'Outboard Clock LR-5®.
- Una capacità da 0,33 μF è un condensatore di timing sufficiente per l'Outboard Clock.

Passo 3

Una volta controllato il collegamento del circuito, alimentate la piastra. Rispondete alle domande seguenti:

Il display a LED a sette segmenti, cioè l'Outboard LR-4, conta da 0 a 9 e indietro a 0? Rispondete si o no.

Qual'è lo stato logico al pin 2 del chip 7408? Uno stato logico 0 o uno stato logico 1? Guardate il display n. 1 per dare una risposta.

Quale comportamento osservate sul display n. 2?

Se avete collegato bene questo esperimento dovreste proprio osservare che il display conta da 0 a 9 e ritorna a 0. Se questo non avviene allora il vostro circuito non funziona come si deve e dovete determinare qual'è l'errore. Avete collegato il pin 2 del chip 7408 al terminale giusto dell'Outboard Generatore di Impulsi? Se non è stato ben collegato, potete vedere il conteggio di clock, semplicemente premendo il tasto del pulser. Non potete rispondere alle altre due domande finchè non riuscite a vedere il conteggio sul clock.

Se il clock esegue il conteggio dovreste osservare uno stato logico 1 al pin 2 del chip 7408. Questo pin dell'AND gate positivo a due ingressi è l'ingresso di "gating", e deve essere a stato logico 1 affinchè il segnale di clock dall'Outboard LR-5 passi attraverso il gate al pin 14 del chip 7490.

Dovreste osservare che il display n. 2 oscilla fra lo stato "logico 0" e lo stato "logico 1". Questa oscillazione è *in fase* con il segnale di clock che entra nell'AND gate al pin 1 del chip 7408. Con il termine "in fase" intendiamo dire che quando il pin 1 all'AND gate è a stato logico 0, il pin 3 è anch'esso a stato logico 0. In altri termini l'AND gate a 2 ingressi 7408 trasmette il segnale di clock direttamente e non lo inverte.

Passo 4

Ora interrompete il conteggio del contatore decimale 7490 chiudendo il gate, in questo caso, l'AND gate a 2 ingressi. Prima di fare questo, rispondete alla domanda seguente:

> Quale di questi segnali di gating, 0 logico o 1 logico, è richiesto per chiudere il gate al pin 2 del chip 7408?

Il gate era stato aperto da uno stato logico 1. Quindi il complemento di 1 logico, o 0 logico, lo chiude. Se la vostra risposta è uno stato logico 0 allora siete, ovviamente, nel giusto. Premete il tasto del pulser e fermate il conteggio del contatore decimale 7490. In questo modo avete "disabilitato" o "inibito" l'ingresso di clock al pin 14 del chip 7490. Questa è un'azione molto comune su strumenti digitali come contatori digitali o voltmetri digitali.

Passo 5

Qual'è lo stato logico del display n. 1 e 2 quando il gate è chiuso?
Date la vostra risposta qui di seguito.

	Stato logico osservato
Display n. 1	
Display n. 2	

Dovreste osservare uno stato logico 0 su entrambi i display. Perchè avete uno stato logico 0 sul display n. 2, all'uscita dall'AND gate?

Se non avete capito il perchè, consultate il manuale per insegnanti.

Passo 6

Se avete eseguito questo esperimento in modo corretto dovreste ora essere in grado di aprire e chiudere l'AND gate abbastanza rapidamente, certamente in meno di mezzo secondo. Questo significa che potete avviare e fermare rapidamente il contatore. Pertanto ora dovreste essere molto più abili con l'Esperimento N. 8 del Capitolo 1, soprattutto con valori bassi della capacità di timing. Forse vi interesserà ripetere l'esperimento usando il gate 7408 per "abilitare" e "disabilitare" l'ingresso di clock al pin 14 del chip 7490.

Domande

1. Con parole vostre, definite il sostantivo "gate".

2. Spiegate in che modo si può "abilitare" o "disabilitare" un ingresso di clock a un contatore.

3. Qual'è lo stato logico dell'uscita di un AND gate a due ingressi disabilitato?

4. Quali possibili uscite potete osservare con un AND gate a due ingressi abilitato?

5. Quale segnale di gating è necessario per disabilitare un AND gate a due ingressi?

6. Quale segnale di gating è necessario per abilitare un AND gate a due ingressi?

7. Può un NAD gate a due ingressi abilitato trasmettere fedelmente un qualsiasi segnale digitale di ingresso? Rispondete si o no.

8. Se i due ingressi di un AND gate a due ingressi sono entrambi a uno stato logico 1, qual'è lo stato logico dell'uscita dello stesso gate?

9. Se i due ingressi di un AND gate a due ingressi sono entrambi a uno stato logico 0, qual'è lo stato logico dell'uscita di questo gate?

10. Se uno dei due ingressi di un AND gate a due ingressi è a uno stato "logico 0", quali possono essere i possibili stati logici dell'uscita del gate?

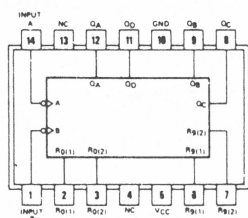
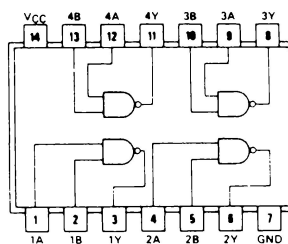
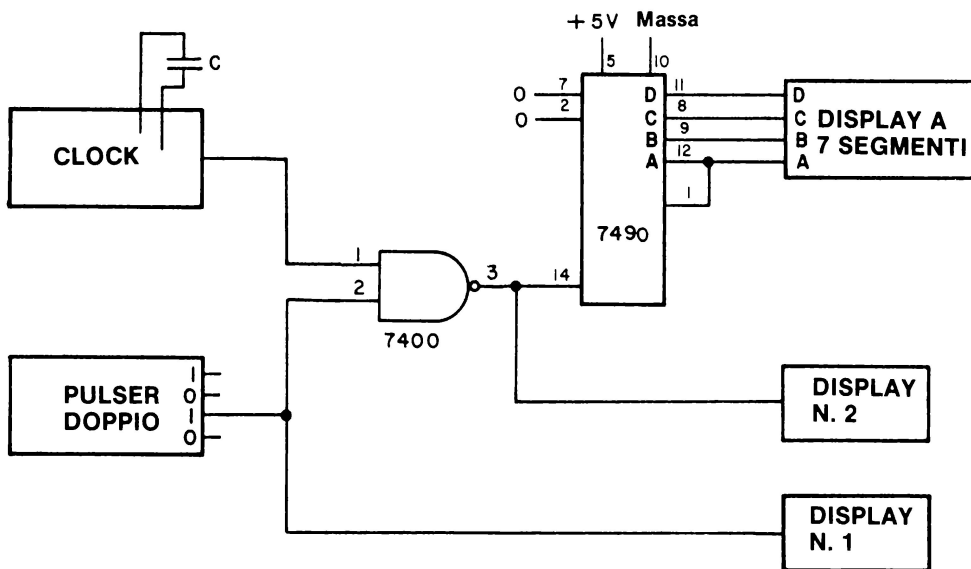
ESPERIMENTO N. 2

Scopo

Questo esperimento dimostra il funzionamento del 7400 2-input positive NAND gate come “gate” di un chip contatore decimale 7490. La procedura dell’esperimento è quasi uguale a quella dell’Esperimento N. 1 di questo Capitolo, cambia soltanto la natura del gate.

Configurazione dei pin del circuito integrato

Schema del circuito

+5V
Massa
C
CLOCK
PULSER
DOPPIO
7400
7490
DISPLAY A
7 SEGMENTI
DISPLAY
N. 2
DISPLAY
N. 1

Passo 1

Studiate accuratamente lo schema del circuito; osservate come l'unico cambiamento consiste nel tipo di gate che usiamo. Per il resto, lo schema è identico a quello dell'Esperimento N. 1. Anche il collegamento del pin è lo stesso. La sola differenza sta nell'uso di un diverso chip, in questo caso, il 7400. Tornate alla figura 2-2. A questo punto potrebbe tornarvi utile inserire i tre rimanenti chip nei loro rispettivi posti sulla piastra.

Passo 2

Inserite sulla piastra il chip 7400, collegate il pin 14 al +5 V e il pin 17 a massa, e infine collegate i pin 1, 2 e 3 al pulser, ai display, all'Outboard Clock e al chip 7490, come è indicato nello schema. Non vi occorrono altre istruzioni per collegare il circuito in modo corretto.

Passo 3

Alimentate la piastra (breadboard) e controllate se il display a LED a sette segmenti conta da 0 a 9 e torna a 0. Se è così allora avete collegato il 7400 quad 2-input positive NAND gate nel modo giusto. Quale stato logico osservate sul display n. 1?

Se lo stato logico osservato è 1 e se il contatore conta, allora il circuito funziona perfettamente.

Passo 4

Premete il tasto del pulser. Dovrebbe fermarsi il conteggio sul display a LED a sette segmenti Qual'è lo stato logico che osservate su entrambi i display, n. 1 e 2, adesso che il display ha smesso di contare? Date la vostra risposta qui di seguito.

	Stato logico osservato
Display n. 1	
Display n. 2	

Dovreste vedere uno stato logico 0 sul display n. 1 e uno stato logico 1 sul display n. 2. Rispondete ora alle importanti domande che seguono:

Perchè osservate un'uscita a stato logico 1 sul display n. 2, l'uscita dal NAND gate?

Se avete risposto correttamente a questo tipo di domanda nell'Esperimento N. 1 dovreste poterlo fare anche qui.

Domande

1. Nello spazio che segue confrontate il comportamento dell'AND gate a due ingressi 7408 studiato in questo esperimento. In che cosa sono simili? In che cosa sono leggermente differenti? Cercate di essere specifici e piuttosto dettagliati nelle vostre risposte.

2. Quale segnale di gating è necessario per abilitare un NAND gate a due ingressi?

3. Quale segnale di gating è necessario per disabilitare un NAND gate a due ingressi?

4. Quali possibili uscite si possono osservare con un NAND gate a due ingressi abilitato?

5. Quali possibili uscite si possono osservare con un NAND gate a due ingressi disabilitato?

6. Può un NAND gate a due ingressi abilitato trasmettere fedelmente un segnale digitale di ingresso? Con "trasmettere fedelmente" intendiamo "trasmettere senza invertire". Rispondete si o no.

7. Se uno dei due ingressi di un NAND gate a due ingressi è a uno stato logico 0. quali sono gli stati logici possibili dell'uscita di tale gate?

8. Se i due ingressi di un NAND gate a due ingressi sono entrambi a uno stato logico 1, qual'è lo stato logico dell'uscita del gate?

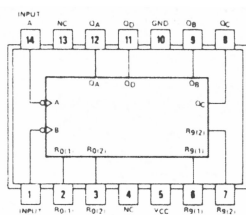
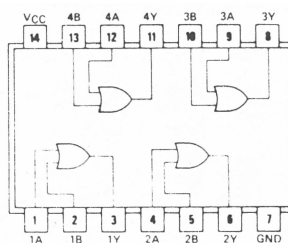
9. In che cosa differiscono un AND gate a due ingressi e un NAND gate a due ingressi?

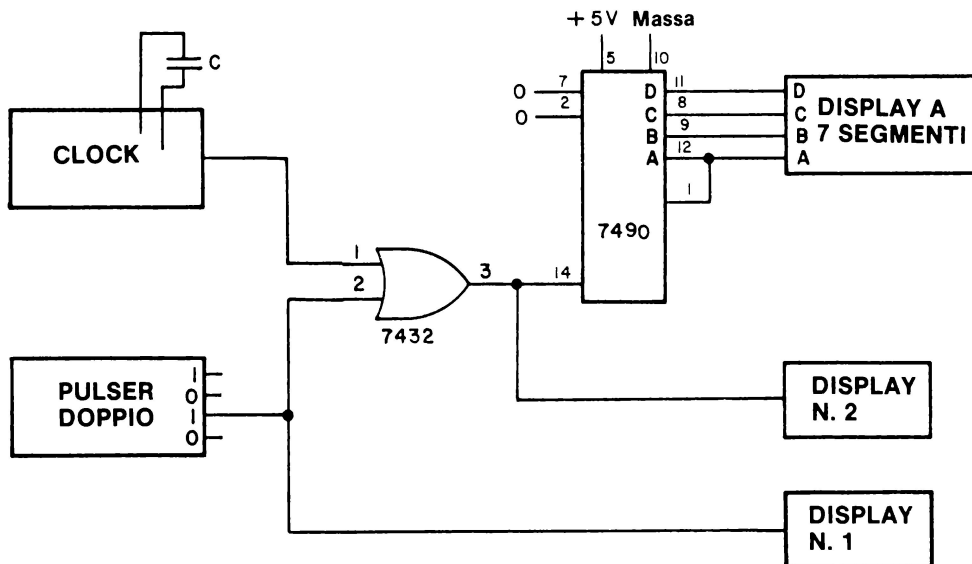
10. Ci vuole lo stesso tipo di segnale di gating per un AND gate a due ingressi e per un NAND gate a due ingressi? Se la risposta è si, qual'è lo stato logico del gating signal che abilita i due gate?

ESPERIMENTO N. 3

Scopo

Questo esperimento dimostra il funzionamento di un 7432 2-input positive OR gate come “gate” di un chip contatore decimale 7490. La preparazione dell’esperimento è quasi uguale a quella degli Esperimenti n. 1 e 2 di questo Capitolo, cambia solo la natura del gate.

Configurazione dei pin del circuito integrato

7490

7432

Schema del circuito

Passo 1

Studiate attentamente lo schema del circuito di questo Esperimento e osservate, come avete fatto nel precedente Esperimento, che l'unico cambiamento è nella natura del gate. I collegamenti dei pin al chip sono gli stessi degli Esperimenti n. 1 e 2. L'unica differenza consiste nel fatto che qui usiamo un circuito integrato 7432 2-input positive OR gate.

Passo 2

Se non l'avete ancora fatto, inserite il chip 7432 nella piastra e collegate il pin 14 a +5 V e il pin 7 a massa. Collegate i pin 1, 2 e 3 al pulser, ai display, all'Outboard Clock e al chip 7490 come è indicato nello schema. Alimentate la piastra e rispondete alle seguenti domande:

Potete csservare un conteggio sul display a LED a sette segmenti? Rispondete si o no.

Quali sono gli stati logici del display n. 1 e del display n. 2? Rispondete qui di seguito.

	Stato Logico osservato
Display n. 1	
Display n. 2	

Se il collegamento di questo esperimento è giusto, non dovrebbe esserci alcun conteggio sul display a LED. Se invece osservate un conteggio, togliete l'alimentazione e controllate i collegamenti.

Dovreste avere uno stato logico 1 su entrambi i display. Qualora fosse così, rispondete alle seguenti domande:

Perchè avete uno stato logico 1 sul display n. 1?

Perchè avete uno stato logico 1 sul display n. 2?

Passo 3

Nello spazio che segue spiegate perchè non deve esserci conteggio in questo esperimento. Ricordate che avete un 2-input OR gate, che è diverso sia dal 2-input AND gate sia dal 2-input NAND gate.

Passo 4

Premete il tasto del pulser. Dovreste vedere che il display a LED a sette segmenti conta da 0 a 9 e indietro a 0. Che cosa avete ottenuto premendo il tasto del pulser?

Rilasciate il tasto del pulser. Si è fermato il conteggio? Rispondete si o no.

Domande

1. Nello spazio che segue confrontate il comportamento del 7432 2-input OR gate studiato in questo esperimento con quello del 2-input AND gate dell'Esperimento N. 1. In che cosa sono simili? In che cosa sono diversi? Cercate di essere precisi e dettagliati nella vostra risposta.

2. Quale segnale di gating è necessario per abilitare un 2-input OR gate?

3. Quale segnale di gating è necessario per disabilitare un 2-input OR gate?

4. Quali possibili uscite potete osservare con un 2-input OR gate abilitato?

5. Quali possibili uscite potete osservare con un 2-input OR gate disabilitato?

6. Può un 2-input OR gate abilitato trasmettere fedelmente un qualsiasi segnale digitale? Rispondete si o no.

7. Se uno dei 2 ingressi a un 2-input OR gate è a stato logico 1, quali sono i logici possibili dell'uscita del gate?

8. Se i due ingressi a un 2-input OR gate sono a stato logico 0 quale sarà lo stato logico dell'uscita di questo gate?

9. In che cosa e come differiscono un 2-input OR gate e un 2-input NAND gate?

10. È necessario lo stesso segnale di gating sia per un 2-input OR gate che per un 2-input AND gate? Se la risposta è si, qual'è lo stato logico del segnale di gating che abilita i due gate?

ESPERIMENTO N. 4

Scopo

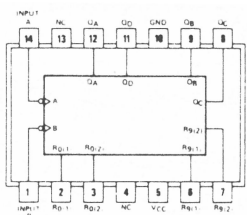
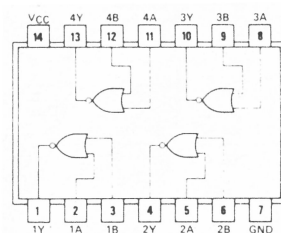
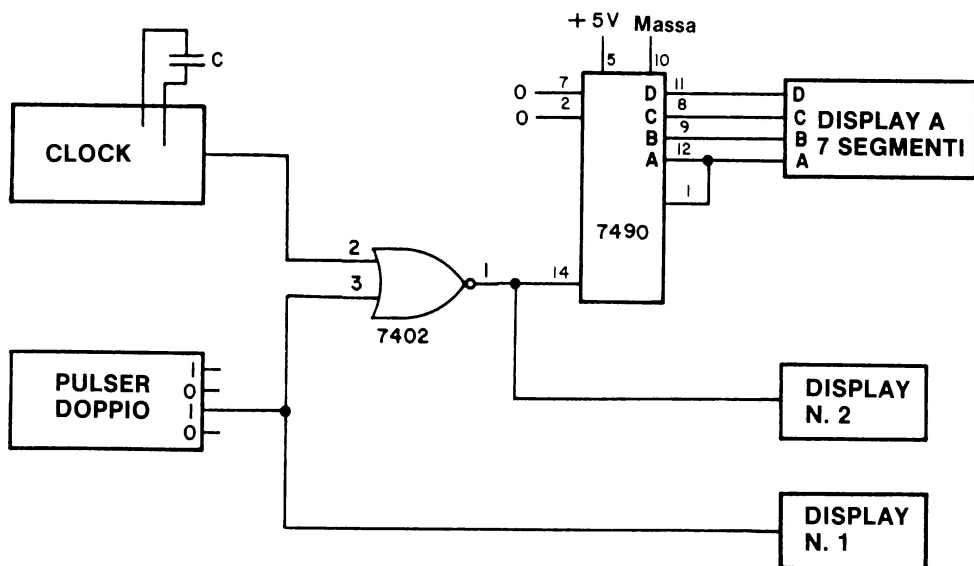
Questo esperimento dimostra il funzionamento di un 7402, 2-input positive NOR gate, come "gate" di un 7490 decade counter. Il procedimento dell'esperimento è praticamente uguale a quello degli esperimenti precedenti.

Configurazioni dei pin dei circuiti integrati

7490

7402

Schema del circuito

C
CLOCK
+5V
Massa
7490
7402
D
C
B
A
DISPLAY A
7 SEGMENTI
PULSER
DOPPIO
DISPLAY
N. 2
DISPLAY
N. 1

Passo 1

Questo è l'ultimo di una serie di quattro esperimenti studiati per il raffronto dei comportamenti di quattro diversi gate a due ingressi: l'AND gate, il NAND gate, l'OR gate e, adesso il 2-input NOR gate, e cioè il 7402 quad 1-input positive NOR gate. Ricordate che ve ne sono quattro di questi gate nel chip 7402. L'unico cambiamento che noterete nello schema consiste nel fatto che adesso stiamo usando un 7402 2-input NOR gate. *Osservate anche che i collegamenti dei pin al gate sono leggermente diversi: i pin 2 e 3 sono adesso gli ingressi e il pin 1 è l'uscita.* Se non fate attenzione a questo punto, il vostro circuito non funzionerà in modo corretto. Non dimenticate di cambiare il collegamento del display!

Passo 2

Alimentate il breadboard (piastra). Non dovrebbe esserci conteggio sul display a LED a sette segmenti. Quali sono gli stati logici dei display n. 1 e 2? Date la vostra risposta qui di seguito.

	Stato Logico osservato
Display n. 1	
Display n. 2	

Dovreste osservare uno stato logico 1 sul display n. 1 e uno stato logico 0 sul display n. 2.

Consultate il manuale per insegnanti per questa domanda molto importante se non sapete darne la risposta.

Passo 3

Nello spazio che segue, confrontate gli stati logici sul display n. 2 quando tutti e quattro i gate sono disabilitati.

	Stato logico osservato sul display n. 2
7408 2-input AND gate	
7400 2-input NAND gate	
7432 2-input OR gate	
7402 2-input NOR gate	

Dovrete riferirvi ai risultati degli esperimenti precedenti per inserirli nella tabella suddetta. Ricordate, vogliamo lo stato logico del display n. 2 soltanto quando i quattro gate sono disabilitati.

Passo 4

Siamo interessati ora allo stato logico del display quando i gate sono abilitati. Il che significa che siamo in grado di osservare un conteggio sul display a LED a sette segmenti. Naturalmente dovrete premere il tasto del pulser per poter avere il conteggio in questo esperimento con un NOR gate. Nel caso, quindi, che non l'aveste ancora fatto, premete il tasto del pulser e osservate il comportamento del conteggio.

Nello spazio sottostante confrontate gli stati logici del display n. 1 quando tutti e quattro i gate sono abilitati.

	Stato Logico osservato sul Display n. 1
7408 2-input AND gate	
7400 2-input NAND gate	
7432 2-input OR gate	
7402 2-input NOR gate	

Passo 5

Siete riusciti a osservare se ognuno dei diversi gate inverte i segnali di clock di ingresso? Se la risposta è si, spiegate in che modo vi è stato possibile osservare questo comportamento per mezzo del vostro sistema di breadboarding.

Il 2-input NOR gate è, naturalmente, un gate che inverte il segnale di clock. Può darsi che troverete delle difficoltà nel rispondere a questa domanda.

Domande

1. Quali gate a 2 ingressi richiedono un segnale di gating a 0 logico?

2. Quali gate a 2 ingressi richiedono un segnale di gating a 1 logico?

3. Quali gate a 2 ingressi danno un'uscita a 0 logico quando sono disabilitati?

4. Quali gate a 2 ingressi danno un'uscita a 1 logico quando sono disabilitati?

5. Quali gate a 2 ingressi invertono il segnale di clock di ingresso all'uscita?

6. Quali gate a 2 ingressi trasmettono il segnale di clock di ingresso senza inversioni?

7. Se uno dei due ingressi di un 2-input NOR gate è a stato logico 1, quali sono gli stati logici possibili dell'uscita del gate?

8. Se i due ingressi di un 2-input NOR gate sono a stato logico 0, quale sarà lo stato logico dell'uscita del gate?

9. Perchè, secondo voi, può essere utile avere quattro gate diversi? Se credete che non sia utile avere tanti gate, datene le ragioni.

10. Come costruireste un 2-input NOR gate avendo un 2-input OR gate e un invertitore? Fate soltanto lo schema del circuito.

11. Come costruireste un 2-input AND gate avendo un 2-input NAND gate e un invertitore? Fate lo schema del circuito.

12. Come costruireste un 2-input OR gate utilizzando un 2-input NAND gate e due invertitori? Fate lo schema del circuito.

13. Qual'è il simbolo di un invertitore?

14. Spiegate cosa fa un invertitore.

15. Come costruireste un 2-input AND gate utilizzando un 2-input NOR gate e due invertitori? Fate lo schema del circuito.

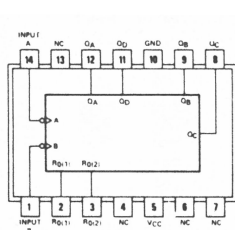
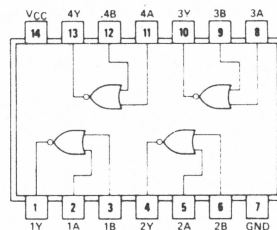
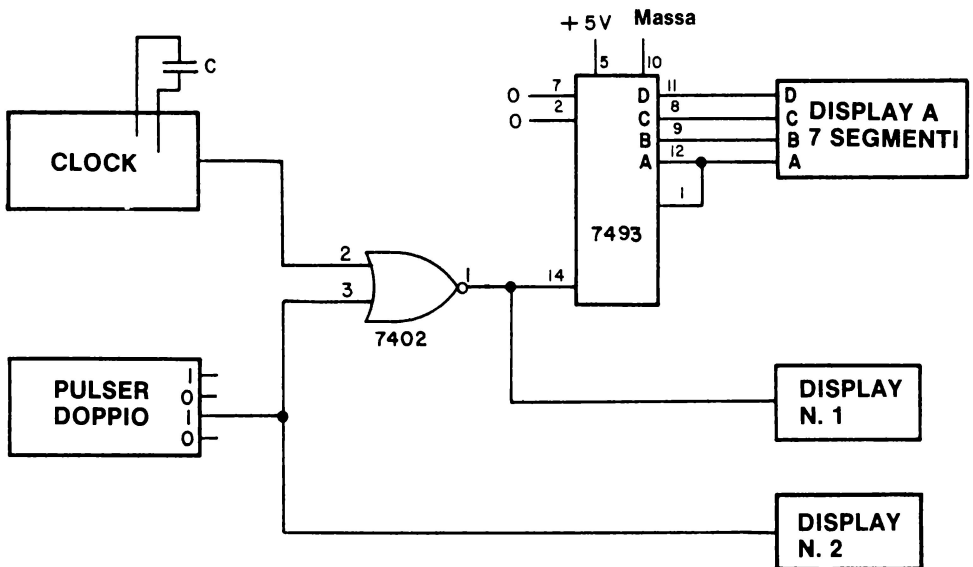
16. Come costruireste un invertitore da un 2-input NAND gate? Fate gli schemi di due diversi modi per farlo.

17. Come costruireste un invertitore utilizzando un 2-input NOR gate? Fate gli schemi di due diversi modi per farlo.

ESPERIMENTO N. 5

Scopo

Questo esperimento dimostra il funzionamento del 7402 2-input positive NOR gate come "gate" di un contatore completamente nuovo, *il 7493 4-bit binary counter*. Questo esperimento è possibile perchè il contatore 7493 ha la stessa configurazione dei pin del contatore decimale 7490.

Configurazioni dei pin dei circuiti integrati

7493 7402

Schema del circuito

Passo 1

Esaminate attentamente lo schema del circuito di questo esperimento e confrontatelo con lo schema corrispondente dell'Esperimento N. 4. Dovreste notate un solo cambiamento: il chip 7493 sostituisce il chip 7490 dell'Esperimento N. 4. Prima di effettuare il cambiamento alimentate l'Outboard per dimostrare il buon funzionamento del circuito dell'Esperimento N. 4. Una volta premuto il tasto del pulser, dovreste osservare un conteggio sul display a LED a sette segmenti. Se ciò avviene, siete pronti per procedere verso il passo seguente.

Passo 2

Togliete alimentazione dal breadboard e togliete con molta attenzione il chip 7490. Probabilmente questa è la prima volta che togliete questo chip dalla piastra. Semplicemente inserite la punta del piccolo cacciavite sotto la "pancia" del chip e delicatamente sollevate l'estremità del chip dal board.

Adesso, inserite, altrettanto delicatamente, il chip 7493 negli stessi fori in cui era alloggiato il chip 7490. Cercate la tacca del chip 7493 e assicuratevi che sia rivolta verso la parte della piastra su cui sono sistemati i quattro gate (vedere fig. 2-2)

Passo 3

Alimentate la piastra, premete il pulser e osservate che ora il display a LED a sette segmenti conta fra 0 e blank. Osservate i diversi inconsueti simboli che appaiono sul display oltre il 9 decimale. Tornate al Passo 7 dell'Esperimento N. 4 del Capitolo 1 ed esaminate la Tabella 1-1. Rispondete alla domanda seguente:

> Avete già visto questi simboli inconsueti sul display a LED A sette segmenti? Rispondete si o no.

Passo 4

Un *contatore binario a 4 bit* conta da 0 a 15 e indietro a 0. Un contatore binario ha sedici stati diversi: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 e 15. Un contatore decimale, invece, come il chip 7490, ha soltanto dieci diversi stati: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9. Dovrebbe quindi essere chiaro perchè non abbiamo mai osservato il blank e i cinque inconsueti simboli quando abbiamo utilizzato il contatore decimale.

Passo 5

Nello spazio che segue rispondete a queste domande:

> Qual'è il simbolo sul display a LED a sette segmenti che corrisponde al numero decimale 10? Scrivetelo qui sotto.

Qual'è il simbolo sul display a LED a sette segmenti che corrisponde al numero decimale 11?

Qual'è il simbolo sul display a LED a sette segmenti che corrisponde al numero decimale 12?

Qual'è il simbolo sul display a LED a sette segmenti che corrisponde al numero decimale 13?

Qual'è il simbolo sul display a LED a sette segmenti che corrisponde al numero decimale 14?

E infine, qual'è il simbolo sul display a LED a sette segmenti che corrisponde al numero decimale 15?

Passo 6

Ricordatevi i suddetti simboli e i numeri decimali ai quali corrispondono. Li incontrerete di frequente in questo manuale di laboratorio. In esperimenti successivi noterete che molti chip della serie 7400 hanno quattro pin di ingresso che selezionano diverse uscite di chip, indirizzi di memorie e simili. L'uso di un 7493 binary counter vi permetterà di selezionare sequenzialmente ciascuna delle sedici uscite.

Domande

1. Perchè ci sono simboli inconsueti per, o al posto dei numeri decimali 10, 11, 12, 13, 14 e 15?

2. Che cosa intendiamo con l'espressione "intercambiabile pin-to-pin" (pin per pin)?

TEST

Questo test prova la vostra comprensione dei concetti di elettronica digitale che abbiamo descritti in questo Capitolo. Scrivete le vostre risposte su un foglio di carta separato.

1. Spiegate la differenza fra uno switch e un gate.

2. Definite in parole vostre i seguenti termini:

   - Inibire
   - To gate
   - Abilitare
   - Disabilitare
   - To strobe
   - Gate (sostantivo)
   - Gate, gating e gated (aggettivi)
   - AND gate
   - OR gate
   - NAND gate
   - NOR gate
   - Logica positiva
   - Logica negativa
   - Clock

3. Scrivete i simboli dei seguenti dispositivi elettronici digitali.

   - 2-input AND gate
   - 3-input NOR gate
   - 2-input NAND gate
   - 8-input NAND gate
   - 4-input NAND gate
   - 4-input AND gate
   - 2-input OR gate
   - Invertitore
   - Buffer
   - Driver
   - 2-input AND gate con uscita invertita
   - 2-input NAND gate con i due ingressi invertiti
   - Filo

4. Confrontate i segnali di gating le uscite dei seguenti quattro tipi di gate a due ingressi:

   - 2-input AND gate
   - 2-input NAND gate
   - 2-input OR gate
   - 2-input NOR gate

Potete supporre che i dati in ingresso di ciascuno di questi gate sia una sequenza di impulsi di clock.

Il vostro esame può essere considerato accettabile se potrete rispondere a tutte queste domande correttamente in due ore a libro chiuso. Incontrerete ripetutamente tutti questi concetti in qualsiasi libro di elettronica digitale.

COSA AVETE REALIZZATO IN QUESTO CAPITOLO?

Uno sguardo agli obiettivi

Abbiamo detto nell'introduzione di questo Capitolo che alla fine sareste stati in grado di:

- Dimostrare, attraverso l'uso di circuiti integrati e di funzioni ausiliarie appropriate, come si può abilitare e disabilitare un ingresso di clock di un chip 7490 decade counter.

  Negli Esperimenti dal n. 1 al n. 4 abbiamo indicato come farlo, utilizzando quattro tipi di gate a due ingressi.

- Confrontare i segnali di gating e le uscite dei seguenti quattro tipi di gate a due ingressi,

  2-input AND gate
  2-input NAND gate
  2-input OR gate
  2-input NOR gate

  quando i dati di ingresso di questi gate sono una sequenza di impulsi di clock. Vi abbiamo chiesto di farlo nel Test al quale avreste dovuto rispondere in modo corretto. Molte domande alla fine di ogni esperimento avevano lo scopo di provare la vostra piena comprensione di come i suddetti gate possono essere confrontati l'uno con l'altro.

- Passare un esame in cui vi venga chiesto definire in parole vostre, senza l'aiuto di questo o altro testo di elettronica digitale, i seguenti termini:

Inibire	OR gate
To gate	NAND gate
Abilitare	NOR gate
Disabilitare	Logica positiva
To strobe	Logica negativa
Gate (sostantivo)	Clock
AND gate	Gate, gating e gated (aggettivi)

  Dovreste essere in grado di rispondere correttamente a queste domande. I suddetti termini sono molto comuni in elettronica digitale; dovreste conoscere il loro significato senza l'aiuto del dizionario o di un manuale come questo.

- Scrivere i simboli dei seguenti dispositivi logici:

  2-input AND, NAND, OR e NOR gate
  3-input AND, NAND e NOR gate
  4-input AND e NAND gate
  Invertitore
  Buffer
  Driver

  Questa domanda vi era già stata posta anche nel Test.

CAPITOLO 3

TABELLE DELLA VERITA'

INTRODUZIONE

Continuando la nostra discussione sui gate logici, in questo Capitolo apprenderete come costruire e interpretare una *tabella della verità.*

OBIETTIVI

Alla fine di questo Capitolo sarete in grado di:

- Definire, con parole vostre, il termine *tabella della verità*.
- Scrivere la corretta tabella della verità per i seguenti gate logici:

  AND gate
  NAND gate
  OR gate
  NOR gate
  NOT gate
  EXCLUSIVE OR gate
  and-or-invert gate

- Dimostrare il funzionamento di alcuni dei più comuni fra i chip di gate della serie 7400, compresi i chip 7402, 7410, 7411, 7404, 7420, 7421, 7427, 7430, 7432, 7451 e 7486.
- Dimostrare, per mezzo di un NAND gate a 4-ingressi 7420, che un pin non collegato su un chip di circuito integrato 7400 è a stato logico 1.

DEFINIZIONI

AND-OR-INVERT gate	Un circuito di gating che presenta le caratteristiche di un AND gate e di un NOR gate.
Circuito di gating (Gating circuit)	Un circuito digitale nel quale un segnale, chiamato "gating signal", viene usato per controllare il passaggio di un segnale digitale quale un impulso di clock o una sequenza di impulsi di clock.
Circuito logico (Logic circuit)	Un circuito (di norma elettronico) che fornisce un rapporto ingresso-uscita corrispondente a una funzione logica algebrica Booleana.
Complementatore controllabile (Controllable complementer)	Un circuito digitale di gating che, dopo essere stato sottoposto a gate può complementare un segnale digitale in ingresso.
EXCLUSIVE OR gate	Un circuito binario con due ingressi e una sola uscita, nel quale l'uscita è a 1 logico quando gli ingressi sono a stato logico diverso, e l'uscita è a 0 logico quando gli ingressi sono allo stesso stato logico.
Invertitore controllabile (Controllable inverter)	Un circuito digitale che, dopo essere stato sottoposto a gate, può complementare un segnale in ingresso. Vedere Complementatore controllabile che vuol dire la stessa cosa.
Multiplexer	Vedere data selector/multiplexer.
Multiplexer/selettore di dati (Data selector/multiplexer)	Un dispositivo digitale che può selezionare un'ingresso entro un certo numero di ingressi e passare il livello logico di quell'ingresso all'uscita. L'informazione per la selezione del canale di ingresso è generalmente presentata al dispositivo in forma binaria pesata e decodificata internamente. Il dispositivo agisce come interruttore unipolare a più posizioni che fa passare le informazioni digitali in una sola direzione.
NOT gate	Un circuito binario con un'unica uscita che è sempre l'opposto dell'unico ingresso. Chiamato anche "circuito invertitore".(1) Un circuito binario con un ingresso e un'uscita, nel quale l'uscita è 1 logico quando l'ingresso è 0 logico e viceversa.
Selettore di dati logico (Data selector logic)	Nella progettazione logica avanzata, una tecnica secondo la quale un data selector/multiplexer viene usato per simulare in modo preciso il comportamento di un circuito di gating.
Tabella della verità (Truth table)	Una tabulazione che indica la relazione fra tutti i livelli di uscita di un circuito digitale e tutte le possibili combinazioni di livelli logici di ingresso in modo tale da caratterizzare completamente le funzioni del circuito.
Tecnica di "folding" (ripiegamento) (Folding technique)	Una tecnica secondo la quale un data selector/multiplexer che abbia soltanto N ingressi di dati viene usato per simulare il comportamento di un circuito di gating che abbia il doppio del numero, 2N di ingressi.

CHE COSA È UNA TABELLA DELLA VERITA'

Una *tabella della verità* può essere definita come *una tabulazione che mette in evidenza la relazione di tutti i livelli logici di uscita di un circuito digitale con tutte le combinazioni possibili di livelli logici di ingresso in modo tale da caratterizzare completamente le funzioni del circuito.* (Rudolf F. Graf "Modern Dictionary of Electronics", Howard W. Sams & Co., Inc.). Nella figura che segue mostriamo un ipotetico circuito digitale a tre ingressi —A, B e C— e quattro uscite —Q1, Q2, Q3 e Q4—. Secondo le suddette definizioni, l'oggetto di una tabella della verità è quello di caratterizzare completamente il rapporto fra questi ingressi e queste uscite. Ciò non è un'impresa difficile come potrebbe sembrarvi a prima vista, dato che gli ingressi e le uscite possono essere soltanto 0 o 1, corrispondenti rispettivamente a uno stato logico 0 o a uno stato logico 1. Dato che vi sono due stati possibili per ingresso e gli ingressi sono tre, abbiamo un totale di $2^3 = 8$ diversi gruppi di tre ingressi, che elenchiamo qui di seguito:

Tabella 3-1. Tabella della verità per un circuito digitale con tre ingressi e quattro uscite.

Ingressi			*Uscite*			
C	B	A	Q1	Q2	Q3	Q4
0	0	0				
0	0	1				
0	1	0				
0	1	1				
1	0	0				
1	0	1				
1	1	0				
1	1	1				

Sulla sinistra della tabella della verità, diamo gli otto gruppi di tre ingressi. La domanda che possiamo fare adesso è: come determiniamo lo stato logico delle quattro uscite Q1/Q4, in questa tabella della verità? La risposta a questa domanda è relativamente immediata. Dipende dal circuito digitale in questione.

In altri termini, non possiamo andare oltre nella Tabella 3-1 a meno che qualcuno non ci dia lo schema specifico del circuito considerato. Per dirla in altro modo, non esiste una tabella della verità generalizzata per un circuito digitale a tre ingressi. Infatti, nella suddetta tabella della verità, ci sono 2^{32} = 4.294.967.296 modi diversi di scrivere le quattro uscite per otto diversi gruppi di condizioni di ingresso.

Pertanto ripetiamo: *Non possiamo completare una tabella della verità per un dato gruppo di ingressi finchè non ci viene dato lo schema dello specifico circuito che stiamo considerando.*

PERCHÈ USIAMO LE TABELLE DELLA VERITA'?

Questa è una domanda a cui è più difficile rispondere. Fondamentalmente, usiamo tabelle della verità perchè sono delle rappresentazioni di circuiti digitali "stenografiche" semplici e convenienti. È molto più facile scrivere una tabella della verità che spiegare in parole come funziona un certo circuito digitale. Più ingressi e uscite ci sono, più diviene ovvio il vantaggio di una tabella della verità rispetto a qualsiasi descrizione verbale. Fondamentalmente, le tabelle della verità stanno ai circuiti digitali reali come:

- Gli schemi di circuiti elettronici stanno ai dispositivi elettronici veri e propri
- Le stampe eliografiche di case stanno alle case vere e proprie
- Le strutture molecolari bi-dimensionali di composti chimici stanno ai composti chimici veri e propri.

In altre parole, le tabelle della verità rappresentano l'effettivo comportamento dei loro corrispondenti circuiti digitali. Ricordatevi il detto: "Una fotografia vale mille parole". Bene, una tabella della verità vale dalle venti parole in su.

I GATE: CIRCUITI LOGICI O CIRCUITI DI GATING

Nel precendete Capitolo, quando si è parlato dei semplici gate a due ingressi, facemmo una distinzione fra l'uso di gate per effettuare il gate di dati digitali e l'uso di gate in circuiti logici semplici. Nel primo caso c'era generalmente un solo ingresso di dati al gate e uno o più ingressi di gating che controllavano la comparsa o meno dei dati in ingresso, all'uscita del gate. Una sequenza di impulsi di clock veniva usata come "data input" negli esperimenti che provavano questo tipo di funzione di gate.

In questo Capitolo tratteremo l'uso dei gate in *circuiti logici* in opposizione a *circuiti di gating*. Un *circuito logico* può essere definito come un circuito elettronico che fornisce una relazione ingresso-uscita corrispondente a una funzione logica di algebra Booleana.[1] È sufficiente dire che siamo semplicemente interessati a distinguere la relazione fra ingressi e uscite esistenti in

gate semplici come i gate AND, NAND, OR, NOR e NOT o gate logici leggermente più complessi chiamati EXCLUSIVE OR e AND-OR-INVERTER gate.

TABELLE DELLA VERITA' PER GATE LOGICI SEMPLICI

In questa sezione, forniremo la tabella della verità corretta per tutti i gate logici comuni. Concentreremo la nostra attenzione fondamentalmente sui gate a due e a tre ingressi, anche se scriveremo la tabella della verità di un 4-input NAND gate poichè questo chip è largamente usato in elettronica digitale.

L'AND Gate

Rammentate che il simbolo di un gate logico semplice a due ingressi è:

In questo simbolo schematico, A e B sono i due ingressi e Q è la sola uscita. A, B e Q possono prendere soltanto uno dei due possibili valori: 0 o 1. Ci sono, quindi $2^2 = 4$ diverse condizioni di ingresso e di conseguenza, quattro possibili risposte all'uscita Q a queste condizioni di ingresso. La tabella della verità è:

B	A	Q
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

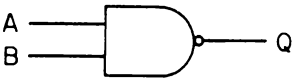
L'Oxford English Dictionary definisce nel seguente modo la parola *unico*: *"Che è, o forma, il solo del suo genere; che non ha uguali; che risalta solo in confronto ad altri; del quale ce n'è uno solo; uno e nessun altro; singolo, solo o solitario"* nel senso della parola data dal dizionario c'è chiaramente un unico stato di uscita per il gate a due ingressi: questo stato corrisponde alle condizioni di ingresso di A=1 e B=1. Con i gate logici semplici, compresi i gate AND, NAND, OR e NOR, la domanda importante che dobbiamo sempre porci è: Qual'è l'unico stato di uscita? Per un 3-input positive AND gate, che è rappresentato dal simbolo

abbiamo ancora uno stato unico di uscita come viene evidenziato dalla seguente tabella della verità:

C	B	A	Q
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

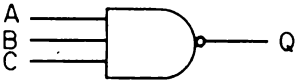
Pertanto, possiamo definire un *AND gate* come *un circuito binario con due o più ingressi e una singola uscita, nel quale l'uscita è 1 logico soltanto quando tutti gli ingressi sono 1 logico e l'uscita è 0 logico se uno degli ingressi è 0 logico.*[1]

Il NAND Gate

Il simbolo per un NAND gate semplice a 2 ingressi, altrimenti noto come "negated" 2-input AND gate è

Il circolino sulla destra del simbolo dell'AND gate rappresenta la "negazione" o la funzione NOT, e vuol dire che abbiamo invertito o complementato l'uscita di un AND gate semplice per produrre la corretta uscita di un NAND gate. La tabella della verità per il 2-input NAND gate assomiglia alla corrispondente tabella per un AND gate:

B	A	Q
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Anche qui, abbiamo un unico stato di uscita, Q=0, corrispondente alle condizioni simultanee di ingresso A=1 e B=1. Se confrontassimo questa tabella della verità con quella data in precedenza per un 2-input AND gate, osserveremmo che le uscite di una tabella sono i complementi dell'altra tabella. Notate che entrambi i gate hanno stati unici di uscita per condizioni di ingresso identiche.

Per il 3-input positive NAND gate, che è rappresentato dal simbolo abbiamo la

seguente tabella della verità:

C	B	A	Q
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

Per il 4-input positive NAND gate, abbiamo una tabella della verità ancora più complicata.

D	C	B	A	Q
0	0	0	0	1
0	0	0	1	1
0	0	1	0	1
0	0	1	1	1
0	1	0	0	1
0	1	0	1	1
0	1	1	0	1
0	1	1	1	1
1	0	0	0	1
1	0	0	1	1
1	0	1	0	1
1	0	1	1	1
1	1	0	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1
1	1	1	1	0

Noioso, vero? È chiaro che un *NAND gate* può essere definito come *un circuito binario con due o più ingressi e una singola uscita, nel quale l'uscita è 0 logico solo quando tutti gli ingressi sono 1 logico e l'uscita è 1 logico se uno degli ingressi è 0 logico.*

L'OR Gate

Un gate che non è molto usato nei circuiti elettronici digitali è il 2-input OR gate, il cui simbolo è

La tabella della verità per questo gate è in qualche modo diversa da quella degli altri gate descritti in precedenza;

B	A	Q
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Di nuovo, abbiamo uno stato unico in uscita, Q=0, ma questa volta lo stato unico è presente soltanto quando sia A che B sono simultaneamente a stato logico 0. Gli OR gate a tre ingressi non sono di uso comune, pertanto non ne parleremo in questa sede. Un *OR gate* può essere definito come *un circuito binario con due o più ingressi a una sola uscita, nel quale l'uscita è 0 logico soltanto quando tutti gli ingressi sono 0 logico e l'uscita è 1 logico se uno degli ingressi è 1 logico.*

Il NOR Gate

Un gate che è in stretta relazione con il 2-input OR gate è il 2-input NOR gate, altrimenti noto come il "negated" 2-input OR gate

Notate il circolino sulla destra del simbolo dell'OR gate. Come nel caso del NAND gate, questo circolino rappresenta la "negazione" dei normali stati di uscita dell'OR gate. La tabella della verità è semplicemente:

B	A	Q
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Lo stato unico Q=1, è presente soltanto quando A e B sono a uno stato logico 0. Il NOR gate più diffuso è il 2-input NOR gate; non tratteremo qui i NOR gate a ingressi multipli. Un *NOR gate* può essere definito come *un circuito binario con due o più ingressi a una singola uscita, nel quale l'uscita è 1 logico soltanto quando tutti gli ingressi sono 0 logico e l'uscita è 0 logico se uno degli ingressi è 1 logico.*

L'Invertitore o NOT Gate

L'ultimo gate semplice è l'invertitore o NOT gate, il cui simbolo è

La tabella della verità per un invertitore è la più semplice di tutte:

A	Q
0	1
1	0

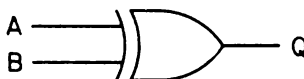
Non esiste un invertitore a ingressi multipli. *Un invertitore* o *NOT gate* può essere definito come *un circuito binario con un ingresso e un'uscita nel quale l'uscita è 1 logico quando l'ingresso è 0 logico e viceversa.*

TABELLE DELLA VERITA' PER CIRCUITI LOGICI PIU' COMPLESSI

Con l'uso di invertitori più uno qualsiasi dei suddetti gate logici a n-ingressi, possiamo costruire circuiti logici più complessi con molti ingressi e uscite. Nei primi tempi dell'elettronica digitale quando i chip MSI erano rari e perfino i chip di gate erano cari, era pittosto comune costruire questi circuiti. Oggi giorno c'è molto meno interesse a farlo. I chip MSI e LSI, compresi i chip di microprocessori, stanno rapidamente sostituendo circuiti logici con ingressi e uscite multipli. Nonostante le informazioni che vengono date in molti testi di elettronica digitale, vi consigliamo di focalizzare la vostra attenzione principalmente sugli aspetti più semplici dei gate logici più importanti senza cercare di farvi coinvolgere nella costruzione di circuiti logici complicati. Se seguite questo avvertimento, gli esperimenti che seguono in questo Capitolo saranno relativamente semplici e diretti.

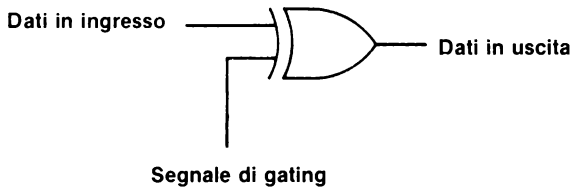
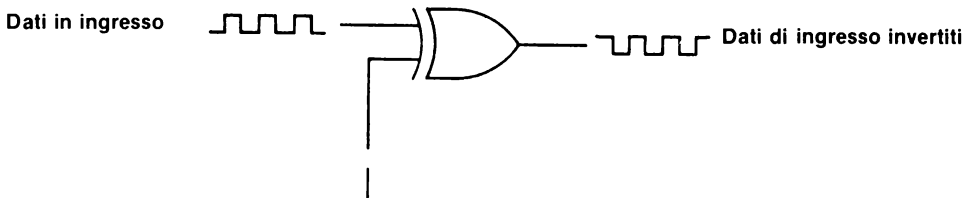
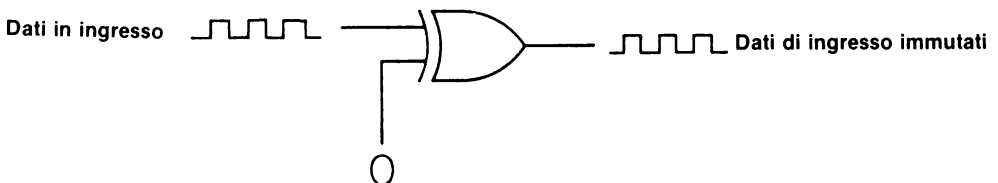
Riteniamo comunque che sia utile parlare di altri due gate che sono disponibili in chip di circuito integrato: l'EXCLUSIVE-OR GATE e l'AND-OR-INVERTER gate. Inoltre, vogliamo insegnarvi come costruire virtualmente qualsiasi tipo di circuito logico a ingressi multipli e uscita singola per mezzo dei chip MSI data selector/multiplexer.

L'Exclusive-OR Gate

L'Exclusive -OR gate non è stato trattato in precedenza in quanto non è un gate semplice. Il simbolo per l'Exclusive-OR gate comunemente usato è:

che ha la seguente tabella della verità:

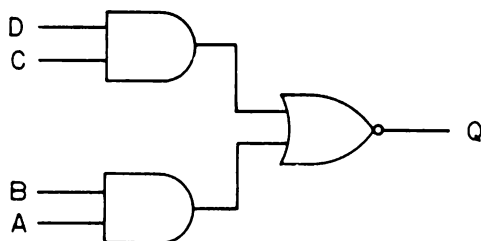
B	A	Q
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Notiamo una differenza molto importante fra questo gate e i quattro gate a due ingressi di cui abbiamo parlato fin'ora: non esiste un unico stato d'uscita.

I gate Exclusive-OR hanno diversi usi speciali. Possono essere usati per costruire *half adder* e *full adder*, convertitori DC-AC, data scramblers e complementatori controllabili. Si può vedere meglio quet'ultima applicazione se scriviamo il simbolo nella forma di segnale di gating di ingresso usata nel Capitolo 2:

L'uso di un segnale di gating a 1 logico darà luogo a dati di ingresso invertiti all'uscita del gate:

mentre l'uso di un segnale di gating a 0 logico darà luogo alla trasmissione dei dati di ingresso attraverso il gate e senza inversione all'uscita:

Abbiamo quindi un "complementatore controllabile" o un "invertitore controllabile" col quale possiamo invertire un segnale digitale di ingresso semplicemente mantenendo uno stato logico 1 all'uscita di gating.

L'AND-OR-Invert Gate

L'AND-OR-Invert gate più semplice disponibile in forma di circuito integrato è dato dal

seguente simbolo:

Notate che abbiamo due AND gate a due ingressi le cui uscite sono inviate in un NOR gate a due ingressi. Pertanto abbiamo la funzione AND, la funzione OR e la funzione INVERT (L'OR gate è "negato" o invertito). La tabella della verità per questo gate può essere formulata, partendo dalla conoscenza delle tabelle della verità dei gate che lo compongono, in questo modo:

D	C	B	A	Q
0	0	0	0	1
0	0	0	1	1
0	0	1	0	1
0	0	1	1	0
0	1	0	0	1
0	1	0	1	1
0	1	1	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	0	1	1
1	0	1	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	0

Come si può vedere, la tabella della verità per l'AND-OR-Invert gate è complessa.

CONFIGURAZIONI DEI PIN DEI CIRCUITI INTEGRATI GATE

Nel Capitolo 2 abbiamo dato la configurazione dei pin di quattro diversi gate della derie 7400: il 7408 quad 2-input positive AND gate, il 7400 quad 2-input positive NAND gate, il 7432 quad 2-input positive OR gate e il 7402 quad 2-input positive NOR gate.

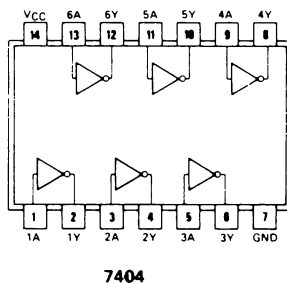
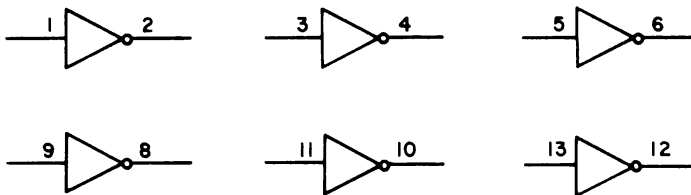
In questo Capitolo, eseguiremo degli esperimenti con l'uso dei seguenti chip di gate:

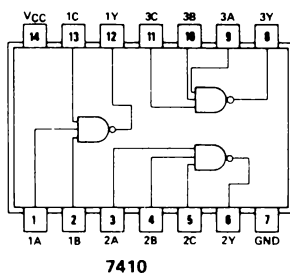
- Il 7404 hex inverter
- Il 7410 triple 3-input positive NAND gate
- Il 7411 triple 3-input positive AND gate
- Il 7420 dual 4-input positive NAND gate
- Il 7421 dual 4-input positive AND gate
- Il 7427 triple 3-input positive NOR gate
- Il 7430 8-input positive NAND gate
- Il 7451 dual 2-wide 2-input AND-OR-INVERT gate
- Il 7486 quad 2-input EXCLUSIVE-OR gate

È giusto commentarli brevemente in questa sezione.

Il 7404 Hex Inverter

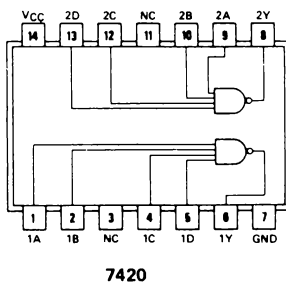
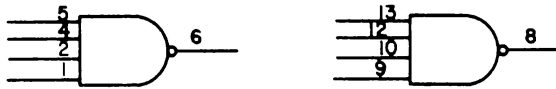
La configurazione dei pin per il chip 7404 hex inverter è:

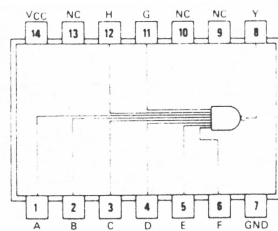
7404

Ci sono sei invertitori **indipendenti**, i quali possono essere rappresentati schematicamente come segue:

Il 7410 Triple 3-Input Positive NAND Gate

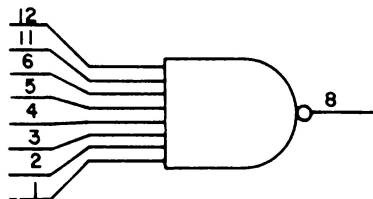
La configurazione dei pin del triplo NAND gate positivo a 3 ingressi 7410 è:

dove si può vedere che ci sono 3-input positive NAND gate **indipendenti**

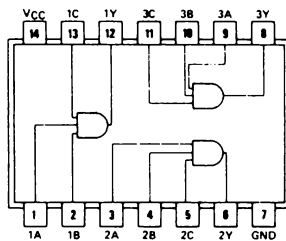
Il 7420 Dual 4-Input Positive NAND Gate

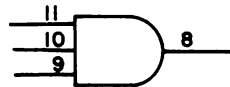
Il doppio gate positivo a quattro ingressi 7420 ha la seguente configurazione dei pin:

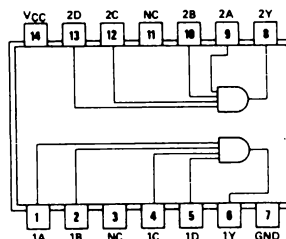
7420

Ci sono due NAND gate positive **indipendenti** a quattro ingressi, che possono essere rappresentati così:

Il 7430 8-Input Positive NAND Gate

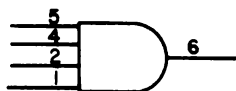
L'ultimo NAND gate è il 7430, NAND gate positivo a 8 ingressi, con la seguente configurazione dei pin:

7430

e con questa rappresentazione schematica:

Il 7411 Triple 3-Input Positive AND Gate

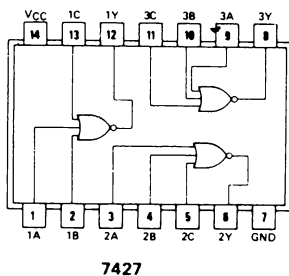
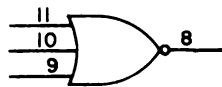
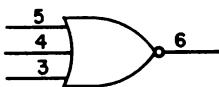
Il triplo AND gate positivo a 3 ingressi, 7411 ha una configurazione dei pin che è essenzialmente uguale al chip 7410 che abbiamo appena visto:

74H11

Vi sono sul chip tre AND gate positivi a tre ingressi **indipendenti**:

Il 7421 Dual 4-Input Positive AND Gate

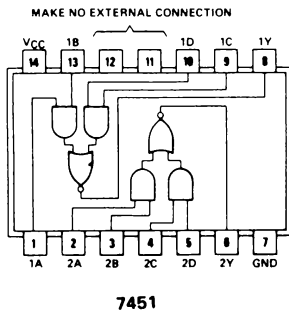
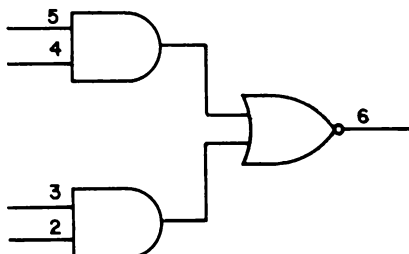
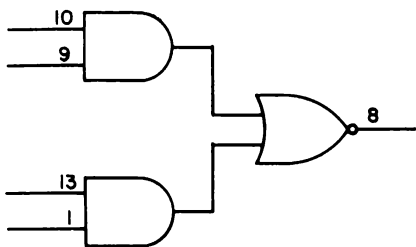
In modo analogo, il doppio AND gate positivo a quattro ingressi 7421 è simile, nella configurazione dei pin, al chip 7420:

74H21

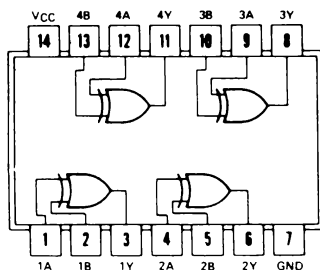
Su questo chip abbiamo due AND gate positivi a quattro ingressi **indipendenti**:

Il 7427 Triple 3-Input Positive NOR Gate

Il triplo NOR gate positivo a tre ingressi 7427 ha una configurazione dei pin uguale a quelle dei chip di IC 7410 e 7411:

7427

Su questo chip abbiamo tre NOR gate positivi a tre ingressi, **indipendenti**:

Il 7451 Dual 2-Wide 2-Input AND-OR-Invert Gate

Il chip 7451 a doppio AND-OR-INVERT gate a due vie e a due ingressi ha una configurazione dei pin un po' più inconsueta:

7451

Nel chip ci sono due AND-OR-Invert gate **indipendenti**, rappresentati da:

Il 7486 Quad 2-Input Exclusive OR Gate

Infine, la configurazione dei pin per l'Exclusive OR gate quadruplo a due ingressi 7486 è:

7486

Su questo chip ci sono quattro Exclusive OR gate **indipendenti**, rappresentati da:

INTRODUZIONE AGLI ESPERIMENTI

Adesso siete pronti ad eseguire gli esperimenti usando i vari chip di circuito integrato descritti nelle precedenti sezioni di questo Capitolo. Ad eccezione del 7486 2-input Exclusive OR gate, il vostro interesse principale in questo Capitolo dovrebbe vertere sullo studio del funzionamento dei chip come *gate logici* in situazioni dove non siete in grado di scrivere i termini "input data (ingresso dati) o "gating signal" (segnale di gating) ad alcun specifico pin.

Vi abbiamo fornito più esperimenti di quanto non vi sia necessario per capire come applicare i gate logici ai vostri problemi di elettronica digitale. Di conseguenza, vi consigliamo di non eseguire tutti gli esperimenti di questo Capitolo. Dovreste fare, però, almeno i seguenti:

- Esperimento n. 1: Il 7411 3-input positive AND gate
- Esperimento n. 2: Il 7410 3-input positive NAND gate
- Esperimento n. 4: Il 7420 4-input positive NAND gate con pin di ingresso non collegati
- Esperimento n. 6: Il 7432 OR gate, il 7402 NOR gate e il 7486 Exclusive OR gate
- Esperimento n. 8: Il 7451 2-wide 2-input AND-OR-INVERT gate

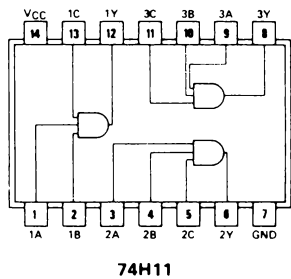
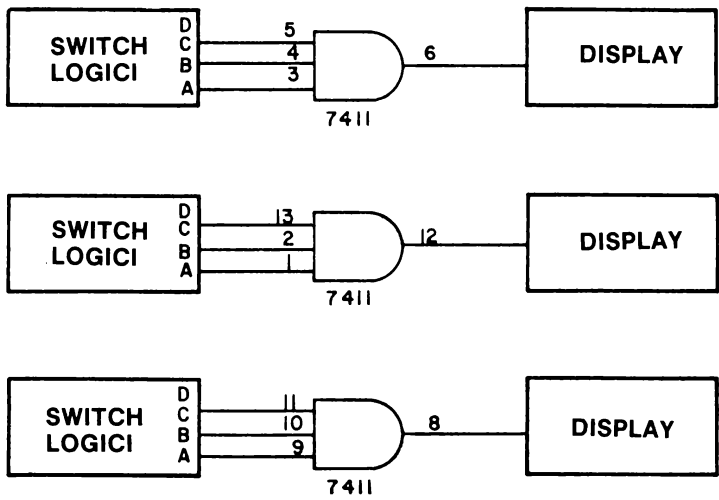
E dovreste almeno leggere gli altri esperimenti. Gli esperimenti n. 1 e 2 vi aiuteranno a sviluppare la vostra abilità nel collegare i circuiti direttamente dagli schemi. Gli esperimenti n. 6 e 8 vi introdurranno a due nuovi gate: il 7486 EXCLUSIVE OR gate e il 7451 AND-OR-INVERT gate. L'esperimento n. 4, infine, vi dimostrerà che cosa succede quando lasciate i pin di ingresso su un chip di gate non collegati.

ESPERIMENTO N. 1

Scopo

Questo esperimento consente di determinare la tabella della verità per ciascuno dei tre AND gate positivi a tre ingressi sul chip di circuito integrato 7411.

Configurazione dei pin del circuito integrato

74H11

Schema del circuito

Passo 1

Studiate i tre schemi dei circuiti che saranno implementati in questo esperimento. Sul chip 7411 ci sono tre indipendenti AND gate positivi a tre ingressi e voi dovrete dimostrare che tutti e tre lavorano in maniera identica.

Inserite, delicatamente, il circuito integrato 7411, l'Outboard di Alimentazione LR-1, l'Outboard Switch Logici LR-2 e un Outboard di display appropriato (per esempio gli Indicatori a LED LR-6, oppure l'Outboard Display a LED a sette segmenti LR-4 con funzione di display zero/uno in posizioni adeguate sulla piastra di breadboarding SK-10. Questa è la vostra prima occasione di sistemare il chip di circuito integrato e gli Outboards come preferite. Avete un bel pò di spazio sulla piastra. D'ora in avanti si supporrà che prendiate voi le decisioni per quanto riguarda la sistemazione di funzioni ausiliarie e di chip sul breadboard.

Passo 2

Siate certi che l'alimentazione al breadboard sia staccata mentre collegate questo circuito. Dovreste prendere l'abitudine di togliere la corrente ogni qualvolta collegate dei chip di circuito integrato.

Fate i necessari collegamenti come indicato nel primo schema di questo esperimento. I collegamenti comprendono:

- Il collegamento del pin 14 del chip 7411 a +5 V. Potete usare per questo collegamento un filo molto corto, preferibilmente rosso.
- Il collegamento del pin 7 del chip 7411 a massa. Anche per questo collegamento potete usare un filo molto corto. Cercate di usarne uno nero.
- Il collegamento del pin 3 del chip 7411 allo switch logico A.
- Il collegamento del pin 4 del chip 7411 allo switch logico B.
- Il collegamento del pin 5 del chip 7411 allo switch logico C.
- Il collegamento del pin 6 del chip 7411 al display adatto.

Passo 3

Controllate il collegamento del circuito. Se è giusto, disponete gli switch logici A, B e C a uno stato logico 0 e alimentate il breadboard. Rispondete alla domanda seguente:

A quale stato logico corrisponde la lettura sul display; a stato logico 0 o a stato logico 1?

La risposta corretta a questa domanda è: a stato logico 0. Se per display state usando un indicatore a LED, allora dovrebbe essere spento. Se state usando un Display zero/uno a LED, allora dovrebbe dare un valore di readout 0.

Passo 4

Diamo qui una tabella della verità per un 3-input positive AND gate

C	B	A	Q
0	0	0	0
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

Notate che abbiamo completato la colonna dell'uscita Q per A=B=C=0. Il valore che abbiamo scritto è uno 0 logico che corrisponde al risultato ottenuto nel Passo 3. Disponete ora A=1 e B=C=0. In altre parole, lo switch logico A è adesso allo stato logico 1 mentre gli switch logici B e C restano a stato logico 0. Scrivete qui di seguito lo stato logico che osservate sul display.

Passo 5

Se avete eseguito questo Passo in modo corretto dovreste osservare ancora uno stato logico 0 sul display. In questo caso, scrivete uno 0 immediatamente sotto lo 0 della colonna Q nella fila dove A=1 e B e C = 0. Questa è la vostra seconda immissione nella tabella della verità.

Passo 6

Ripetete i suddetti esperimenti per le rimanenti sei combinazioni di disposizioni degli switch logici A, B e C. Scrivete lo stato logico da voi osservato in ciascuno dei casi.

Passo 7

Avete così completato uno studio sperimentale di un 3-input positive AND gate, e avete compilato la relativa tabella della verità. Confrontate questa tabella della verità con quella data nella discussione che precedeva questo esperimento (vedere la sezione intitolata "Tabella della verità per gate logici semplici"). Le due tabelle della verità dovrebbero essere uguali. Se non lo fossero, ripetete l'esperimento. Assicuratevi che i collegamenti al chip di IC 7411 siano corretti. Avete fatto un passo molto importante con questo esperimento perchè avete dimostrato a voi stessi che siete in grado di determinare la tabella della verità per qualsiasi gate logico o sistema logico!

Passo 8

Ripetete i Passi da 2 a 7 per il 3-input positive AND gate in corrispondenza dei pin 1, 2, 13 e 12 sul chip 7411. Per i particolari guardate lo schema. Se non siete sicuri che il vostro circuito sia collegato perfettamente, ricontrollatelo.

Avete ottenuto una tabella della verità uguale a quella del 3-input positive AND gate in corrispondenza dei pin 3, 4, 5 e 6? Rispondete si o no nello spazio che segue.

Passo 9

Ripetete i Passi da 2 a 7 per il 3-input positive AND gate collocato in corrispondenza dei pin 9, 10, 11 e 8 del chip di IC 7411. Guardate lo schema per i particolari. Osservate anche qui la tabella della verità uguale a quella dei due gate precedenti? Rispondete si o no nello spazio che segue.

Se altri studenti hanno usato il chip 7411 prima di voi è meglio che stiate attenti al fatto che uno dei tre gate del chip potrebbe essere bruciato. Siate sempre coscienti di questa possibilità quando lavorate con un chip di circuito integrato! Per nostra esperienza sappiamo che alcuni studenti rimangono molto frustrati dalla loro incapacità di collegare e far funzionare correttamente un circuito digitale. Controllando i collegamenti e lo schema tutto sembra a posto. Eppure il loro circuito non funziona. Nella maggior parte dei casi, la risposta a questo dilemma è un gate o un chip bruciato.

Domande

1. Che cosa intendiamo con "stato unico d'uscita" in una tabella della verità? Spiegate questa espressione in vostri termini nello spazio che segue.

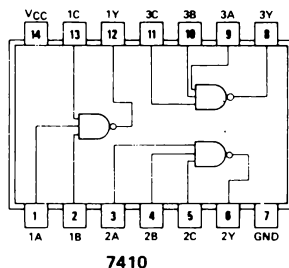
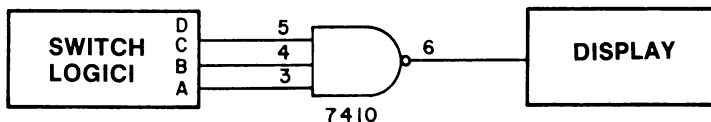
2. C'è uno stato unico d'uscita nella tabella della verità per un 7411 3-input positive AND gate? Se la risposta è si, date i valori di A, B e C che corrispondono a questo unico stato d'uscita.

3. Se A=B=C = 1 3-input positive AND gate, quale sarà il valore dell'uscita Q? Scrivete lo stato logico nello spazio che segue.

ESPERIMENTO N. 2

Scopo

Questo esperimento consente di determinare la tabella della verità di un 3-input positive NAND gate 7410.

Configurazione dei pin del circuito integrato

Schema del circuito

Passo 1

Questo esperimento è abbastanza simile all'Esperimento N. 1 dato in precedenza in questo Capitolo. L'unica differenza di fondo consiste nel fatto che adesso usiamo il 7410 3-input positive NAND gate invece del 7411 3-input positive AND gate. Ad alimentazione spenta, cambiate il chip 7411 con il chip 7410 sul breadboard. Collegate il circuito in modo che il pin 3 sia collegato allo switch logico A, il pin 4 allo switch logico B, il pin 5 allo switch logico C e il pin 6 al display. I collegamenti di +5 V e di massa, rispettivamente ai pin 14 e 7, rimangono com'erano.

Passo 2

Disponete gli switch A, B e C allo stato logico 0. Alimentate il breadboard e osservate il display. Abbiamo un'uscita sul display a 0 logico o a 1 logico?

Se avete eseguito bene l'esperimento, dovreste avere sul display un 1 logico.

Passo 3

La tabella della verità per un 3-input positive NAND gate è la seguente:

C	B	A	Q
0	0	0	1
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

Nella fila corrispondente a A=B=C=0, noterete che abbiamo ora un valore di Q=1. Questo risultato è in netto contrasto con il risultato osservato nell'Esperimento N. 1 di questo Capitolo, dove su un 3-input positive AND gate, in condizioni di ingresso analoghe, Q=0.

Disponete ora A=1 e B=C=0. Quale configurazione appare sul display, uno stato logico 0 o uno stato logico 1? Scrivete questo stato nella tabella della verità di fianco alla fila degli ingressi relativi.

Se avete eseguito bene questo passo, dovreste avere uno stato logico 1.

Passo 4

Ripetete quest'ultimo passo per le rimanenti sei combinazioni di switch logici e quindi completate la tabella della verità di cui sopra. Rispondete alle seguenti domande:

C'è uno stato unico d'uscita nella suddetta tabella della verità?

Qual'è il valore di Q per questo stato unico d'uscita? Q =

Quali sono i valori di A, B e C che generano questo stato unico d'uscita?

A =

B =

C =

Domande

1. Confrontate le tabelle della verità di un 3-input positive AND gate e di un 3-input positive NAND gate. Sebbene le uscite di questi due gate possano sembrare completamente diverse, dovreste notare una "relazione" fondamentale fra i due gruppi di uscite. In parole vostre, descrivete in che cosa consiste questa "relazione" (SUGGERIMENTO: È molto facile convertire un AND gate in un NAND gate e viceversa).

2. Quanti 3-input positive NAND gate ci sono in un chip 7410?

3. Come convertireste un 3-input positive NAND gate in un 3-input positive AND gate? Non occorre che diate una risposta complicata.

4. Se A=B=C=1 per un 3-input positive NAND gate, quale sarà lo stato logico all'uscita Q di questo gate?

5. Riuscite a indovinare come sarebbe l'uscita Q nel caso lasciaste tutti e tre gli ingressi del chip 7410 non collegati? La vostra risposta qui rappresenterà le vostre ipotesi per un esperimento col quale determinare che cosa accadrebbe se gli ingressi al chip 7410 fossero lasciati non collegati. Farete presto questo esperimento con un 4-input positivo NAND gate.

6. Un NAND gate è conosciuto anche come AND gate "negato". Che cosa intendiamo col termine "negato"?

7. Che tipo di gate otteniamo se "neghiamo" un NAND gate? Scrivete la vostra risposta nello spazio che segue.

ESPERIMENTO N. 3

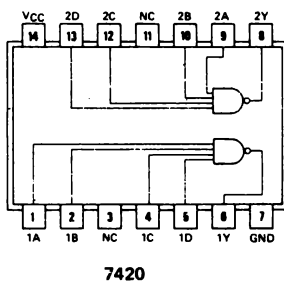
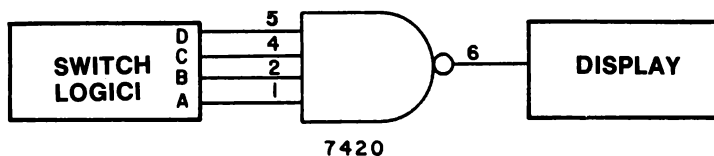
Scopo

Questo esperimento consente di determinare la tabella della verità per un 7420 4-input positive NAND gate.

Configurazione dei pin del circuito integrato

7420

Schema del circuito

7420

Passo 1

A questo punto, dovreste aver raggiunto il primo livello di maturità in elettronica digitale: la capacità di collegare circuiti elettronici digitali semplici direttamente dallo schema del circuito. Secondo questo presupposto, determineremo i vostri progressi chiedendovi di collegare il suddetto 4-input positivo NAND gate a quattro switch logici e ad un display.

Con l'uso del suddetto schema, collegate il circuito indicato. Non dimenticate il collegamento di alimentazione ai pin 7 e 14 del chip 7420. Lasciate l'alimentazione staccata finchè non avete collegato e controllato il circuito.

Passo 2

Alimentate il breadboard e disponete i quattro switch logici A, B, C e D a stato logico 0.

Il display dovrebbe essere allo stato logico 1. Potete vedere questo risultato? Rispondete si o no.

Disponete sugli switch logici A=B=C=D=1. Il display dovrebbe essere adesso a uno stato logico 0. Potete osservare questo risultato? Rispondete si o no.

Passo 3

Variate la disposizione logica dei quattro switch logici e compilate la seguente tabella della verità basandovi sulle uscite che osservate sul display

D	C	B	A	Q
0	0	0	0	1
0	0	0	1	
0	0	1	0	
0	0	1	1	
0	1	0	0	
0	1	0	1	
0	1	1	0	
0	1	1	1	
1	0	0	0	
1	0	0	1	
1	0	1	0	
1	0	1	1	
1	1	0	0	
1	1	0	1	
1	1	1	0	
1	1	1	1	0

Passo 4

Rispondete alle seguenti domande:

C'è uno stato unico d'uscita nella suddetta tabella della verità?

Se la risposta è si, qual'è il valore di Q per questo stato unico d'uscita?

Q =

Qual'è il valore per A, B, C e D per questo stato unico d'uscita?

A =

B =

C =

D =

Non scollegate il circuito; verrà ancora usato nell'Esperimento N. 4.

Domande

1. Quanti 4-input positive NAND gate ci sono in un chip 7420?

2. Se A=B=C=0 e D=1 in un 4-input positive NAND gate, quale sarà lo stato logico dell'uscita Q di questo gate?

3. Quale dispositivo digitale vi servirebbe per convertire un 4-input NAND gate in un AND gate 4-input?

4. E se A=B=C=1 e D fosse lasciato non collegato, quale sarebbe lo stato logico dell'uscita Q di questo gate? Ricordatevi che stiamo considerando il comportamento del NAND gate quando soltanto tre dei quattro ingressi sono effettivamente collegati ad uno specifico livello logico del breadboard.

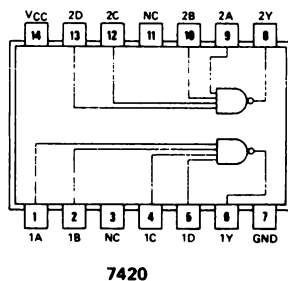
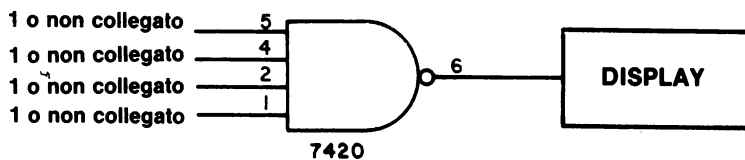
La domanda n. 4 solleva il problema, come avvenne per la domanda n. 5 dell'Esperimento n. 2, di quanto succede quando uno o più ingressi di un gate logico sono lasciati non collegati. Scoprite la risposta con l'Esperimento N. 4.

ESPERIMENTO N. 4

Scopo

Questo esperimento consente di determinare lo stato logico dell'uscita Q del 7420 4-input positive NAND gate quando uno, due, tre o tutti gli ingressi non sono collegati a uno specifico stato logico.

Configurazione del pin del circuito integrato

7420

Schema del circuito

Passo 1

Il circuito di questo esperimento è essenzialmente uguale a quello dell'esperimento precedente. Disponete i quattro switch logici allo stato logico 1 e osservate che il display dà un'uscita allo stato logico 0.

Passo 2

Scollegate il filo dello switch logico D; toglietelo del tutto dal breadboard oppure lasciatelo pendere libero.Quale stato logico osservate ora sul display?

Se avete eseguito l'esperimento in modo corretto, dovreste osservare uno stato logico 0.

Passo 3

Adesso scollegate anche il filo dello switch logico C e toglietelo dal breadboard. Quale stato logico appare sul display dopo che avete tolto il filo?

Se avete fatto questa seconda prova bene, sul display dovrebbe ancora apparire uno stato logico 0.

Passo 4

Scollegate e togliete il filo dallo switch logico B. Quale stato logico appare ora sul display?

Infine, scollegate e rimuovete il filo dallo switch logico A. Se avete fatto tutto questo gruppo di prove nel modo giusto, non dovrebbero esserci collegamenti di fili ai quattro pin di ingresso del 4-input positive NAND gate.
Qual'è lo stato logico sul display in questo caso?

Passo 5

Sempre che le prove suddette siano state eseguite correttamente, dovreste osservare che il display dà sempre come lettura uno stato logico 0. Invece di farvi lambiccare il cervello su questo comportamento, vorremmo focalizzare la vostra attenzione sull'importante implicazione di questo esperimento: *Lo stato logico di un pin di ingresso scollegato nel 7420 4-input positive NAND gate è sempre ad 1 logico*. Questa è l'unica conclusione compatibile con i risultati dell'esperimento che abbiamo potuto osservare.

Potremmo ora chiederci cosa succede agli chip della serie di circuiti integrati 7400. Osserverete che, quasi in ogni caso, LO STATO LOGICO DI QUALSIASI PIN DI INGRESSO NON COLLEGATO È SEMPRE UN 1 LOGICO PER TUTTI I CIRCUITI INTEGRATI DELLA SERIE 7400. Ripetendo, quindi, *tutti i pin di ingresso non collegati in un chip della serie 7400 sono a stato logico 1*. Non possiamo sottovalutare l'importanza di questa osservazione. Incontrerete questo comportamento ripetutamente nel corso del manuale. Ricordate che quanto detto l'abbiamo riferito soltanto ai pin di ingresso della serie dei chip 7400. I pin di uscita possono essere, e spesso sono, a stato logico 0 anche quando non sono collegati.

Ricordate:

Tutti i pin di ingresso non collegati su chip della serie 7400 sono a stato logico 1

Noterete che dal punto di vista della ingegnerizzazione, i pin "non collegati" hanno sempre i fili a +5 V (cioè a stato logico 1) direttamente o attraverso un resistore pull-up (termine che spiegheremo in un Capitolo successivo) da 1000 Ω.

3-E14

Domande

1. I pin di ingresso di un 3-input positive AND gate di un chip 7411 sono scollegati. Qual'è lo stato logico dell'uscita Q?

2. I pin di ingresso di un 7410 3-input positive NAND gate sono scollegati. Qual'è lo stato logico dell'uscita Q?

3. I pin di ingresso di un 7400 2-input positive NAND gate sono scollegati. Qual'è lo stato logico dell'uscita?

4. I pin di ingresso di un 7430 8-input positive NAND gate sono lasciati scollegati. Qual'è lo stato logico dell'uscita Q?

5. I pin d'ingresso di un 7402 2-input positive OR gate sono scollegati. Qual'è lo stato logico dell'uscita?

6. Il pin d'ingresso di un invertitore 7404 è scollegato. Qual'è lo stato logico dell'uscita da questo invertitore?

7. I pin di ingresso di un 7432 2-input positive OR gate sono scollegati. Qual'è lo stato logico dell'uscita?

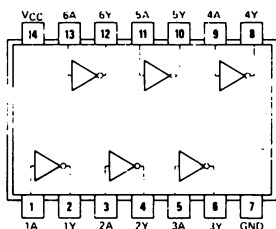
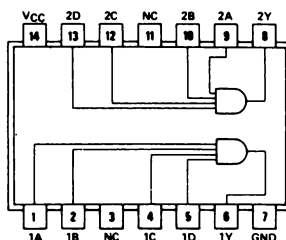
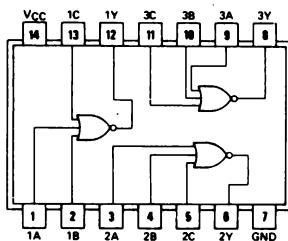
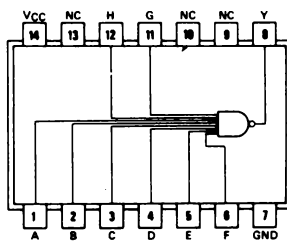
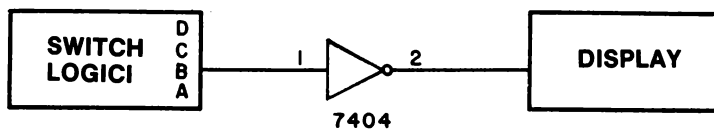
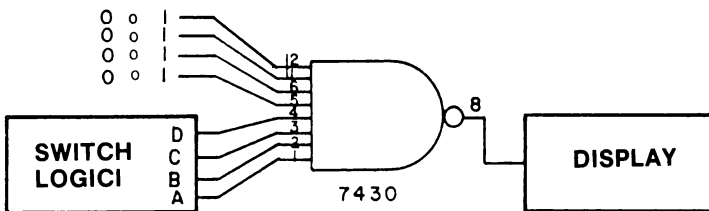
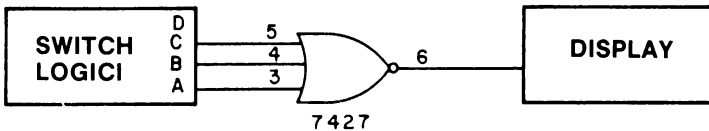
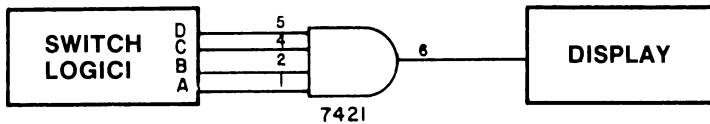
8. I pin d'ingresso di un 7486 2-input EXCLUSIVE OR gate sono scollegati. Qual'è lo stato logico dell'uscita ai questo gate?

ESPERIMENTO N. 5

Scopo

Questo esperimento consente di determinare la tabella della verità per i seguenti circuiti integrati della serie 7400:

- Il 7404 hex inverter
- Il 7421 dual 4-input positive AND gate
- Il 7427 triple 3-input positive NOR gate
- Il 7430 8-input positive NAND gate

Configurazioni dei pin dei circuiti integrati

Schemi dei circuiti

Passo 1

Collegate il circuito del 7404 (usate uno soltanto dei sei possibili invertitori del chip) nel modo raffigurato nello schema e compilate la seguente tabella della verità:

A	Q
0	
1	

Passo 2

Collegate il circuito raffigurato per il 7421 4-input positive AND gate. Utilizzando i risultati del vostro esperimento, completata la tabella della verità che segue:

C	B	A	Q
0	0	0	0
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

Passo 3

Collegate il circuito dato per il 3-input positive NOR gate. Utilizzando i risultati del vostro esperimento, completate la seguente tabella della verità

C	B	A	Q
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

Passo 4

Collegate il 7430 8-input positive NAND gate nel modo raffigurato allo schema. Se lasciate i pin d'ingresso 5, 6, 11 e 12 non collegati, saranno ad uno stato logico 1. Invece di determinare tutta la tabella della verità, completate la tabella della verità abbreviata data qui di seguito.

H	G	F	E	D	C	B	A	Q
0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	1	
0	0	0	0	1	1	1	1	
1	1	1	1	0	0	0	0	
1	1	1	1	1	1	0	0	
1	1	1	1	1	1	1	0	
1	1	1	1	1	1	1	1	

Per soddisfare la vostra curiosità a proposito di questo gate ad 8 ingressi, potreste provare altre combinazioni di ingressi non elencate nella tabella della verità abbreviata.

Passo 5

Infine, compilate la seguente tabella della verità basandovi sui risultati di questo e degli esperimenti precedenti.

Tipo di Gate	*Stato Logico dello stato unico d'uscita*	*Stato logico di tutti gli ingressi i cui valori producono lo stato unico d'uscita*
2-input positive AND	1	1
3-input positive AND		
4-input positive AND		
n-input positive AND		
2-input positive NAND		
3-input positive NAND		
4-input positive NAND		
8-input positive NAND		
n-input positive NAND		
2-input positive OR		
3-input positive OR		
n-input positive OR		
2-input positive NOR		
3-input positive NOR		
n-input positive NOR		

Domande

1. Come convertite un OR gate in un AND gate? Nella vostra risposta disegnate lo schema del circuito che comprenda un 2-input OR gate.

2. Come convertite un NOR gate in un NAND gate? Disegnate lo schema di circuito che comprenda un 2-input NOR gate.

3. Come convertitore un NAND gate in un NOR gate? Disegnate lo schema di circuito basato su un 2-input NAND gate.

4. Nello spazio a destra, disegnate lo schema di circuito adeguato alla conversione dei seguenti 2-input gate:

   a. Un AND gate in un NOR gate

   b. Un OR gate in un NAND gate

   c. Un NAND gate in un AND gate

   d. Un NAND gate in un OR gate

   e. Un NOR gate in un AND gate

Si può convertire qualsiasi gate in qualsiasi altro tipo di gate attraverso l'uso di invertitori. Alle domande 2, 3 e 4 provate finchè riuscite.

5. Dovreste memorizzare le tabelle della verità dei quattro 2-input positive gate di base: AND, NAND, OR e NOR. Mettete alla prova la vostra capacità di ragionamento su questi gate completando la tabella della verità qui di seguito.

7408

B	A	Q
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

7400

B	A	Q
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

7432

B	A	Q
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

7402

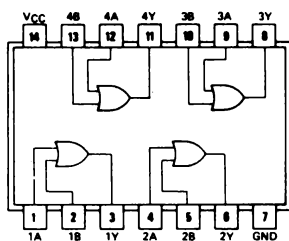
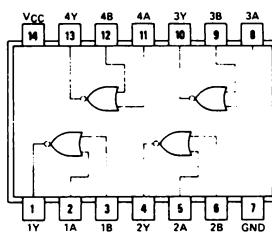
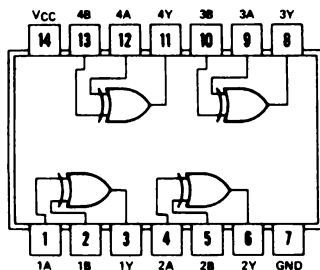
B	A	Q
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

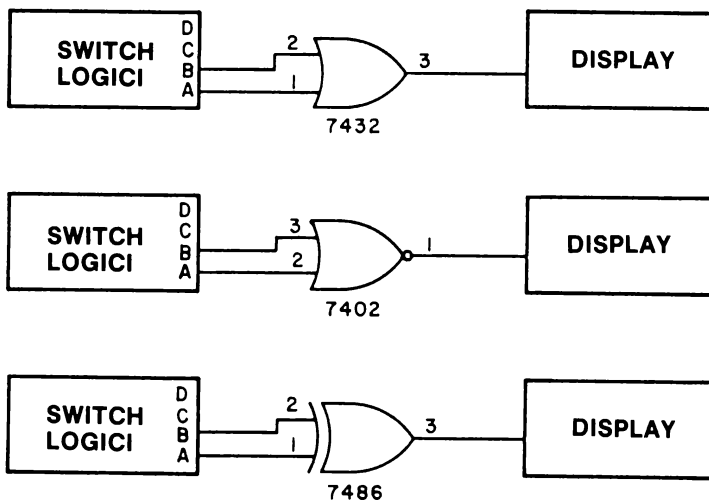
ESPERIMENTO N. 6

Scopo

Questo esperimento consente di determinare la tabella della verità di tre tipi di OR gate della serie 7400.

- Il 7432 OR gate
- Il 7402 "negated" OR o NOR gate
- Il 7486 Exclusive OR gate

Configurazioni dei pin dei circuiti integrati

7432

7402

7486

Schemi dei circuiti

Passo 1

Avete già incontrato sia il 7402 quad 2-input positive NOR gate che il 7432 quad 2-input positive OR gate nel Capitolo precedente, e pertanto dovrebbe essere relativamente facile per voi collegare e determinare la tabella della verità di questi chip.

Seguite lo schema e collegate un 7432 2-input positive OR gate. Completate la seguente tabella della verità:

B	A	Q
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

Collegate un 7402 2-input positivo NOR gate e completate la seguente tabella della verità

B	A	Q
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

Passo 2

Forse il gate più interessante dei tre è il 7486 2-input Exclusive OR gate. Collegate il circuito come indica lo schema e completate la seguente tabella della verità:

B	A	Q
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

Il 7486 Exclusive OR gate può essere visto come invertitore controllabile o complementatore (vedere la sezione delle definizioni). Questo gate ha la capacità di trasmettere un segnale di dati di ingresso all'uscita con o senza inversione. Dimostreremo questa capacità nell'esperimento che segue.

Domande

1. Date i numeri dei pin delle uscite dei quattro 2-input positivo NOR gate indipendenti di un chip 7402.

2. Date i numeri dei pin delle uscite dei quattro 2-input positivo NOR gate indipendenti di un chip 7402.

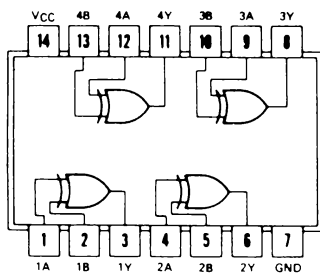
3. Date i numeri dei pin delle uscite dei quattro 2-input Exclusive OR gate indipendenti del chip 7486.

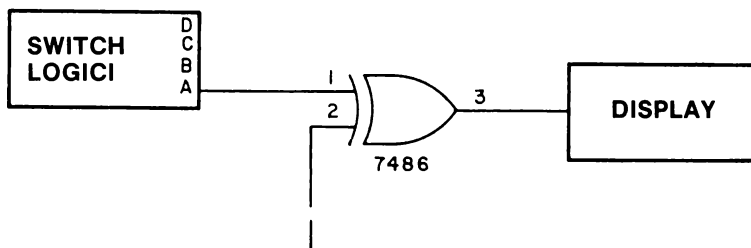
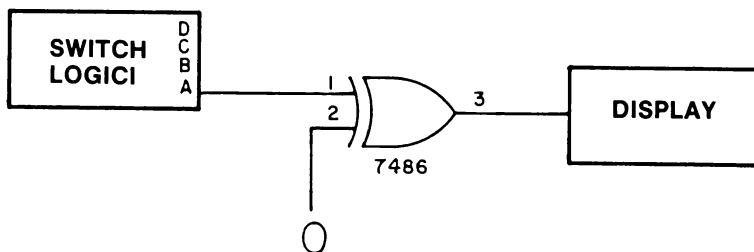
4. Qual'è la principale differenza fra un 2-input OR gate e un 2-input Exclusive OR gate?

ESPERIMENTO N. 7

Scopo

Questo esperimento dimostra l'uso di un 7486 2-input Exclusive OR gate in funzione di invertitore controllabile.

Configurazione dei pin del circuito integrato

7486

Schemi dei circuiti

Passo 1

Negli schemi suddetti usiamo lo switch logico A per fornire un segnale di dati di ingresso al 7486 2-input EXCLUSIVE OR gate.

La domanda che vi porremo è: Quale stato logico del gating signal è richiesto per invertire l'ingresso dei dati? Uno stato logico 0 o 1? Scrivete la vostra risposta nello spazio che segue:

Collegate il circuito indicato. Ricordate, niente alimentazione quando eseguite un collegamento di fili! Non dimenticate i collegamenti ai pin 14 (+5 V) e 7 (massa).

Passo 2

Alimentate il breadboard. Collegate il pin 2 del chip 7486 a massa. Variate lo switch logico A fra stato logico 0 e 1 e determinate se all'uscita del pin 3 il segnale dei dati di ingresso risulta invertito o no. Rispondete alla seguente domanda: Con un segnale di gating a stato logico 0, il 2-input Exclusive OR gate inverte l'ingresso dei dati?

Passo 3

Collegate ora il pin 2 a uno stato logico 1, cioè a +5 V. Variate lo switch logico A fra gli stati logici 0 e 1 e determinate se all'uscita del pin 3 vi è o no un'inversione del segnale di dati di ingresso. Rispondete alla seguente domanda: Vi è inversione di ingresso dei dati con il 2-input Exclusive OR gate se il segnale di gating è a stato logico 1?

Domande

1. Che cosa intendiamo con invertitore controllabile? Date la vostra definizione basandovi sull'esperimento.

2. Che cosa intendiamo con un complementatore controllabile? È questo termine identico a invertitore controllabile? Tentate di rispondere a tutte e due le domande prima di guardare la sezione delle definizioni.

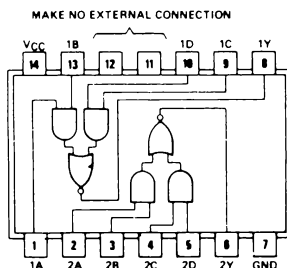
3. Riuscite a suggerire come costruire un 2-input Exclusive OR gate usando tre 2-input positivo NAND gate e due invertitori? Disegnate lo schema qui sotto. Questa non è una domanda facile.

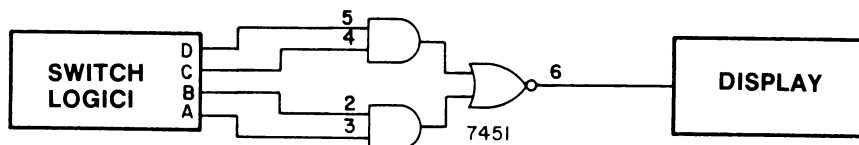
4. In parole vostre, definite il termine "tabella della verità".

ESPERIMENTO N. 8

Scopo

Questo esperimento consente di determinare la tabella della verità di un 7451 2-wide 2-input AND-OR-Invert gate.

Configurazione dei pin del circuito integrato

7451

Schema del circuito

Passo 1

Collegate il circuito digitale indicato dallo schema. Senza alimentazione, naturalmente! Il pin 7 è il collegamento a massa e il pin 14 è il collegamento a +5 V sul chip 7451.

Disponete i quattro switch logici A, B, C e D tutti a stato logico 0 e alimentate la piastra.

Passo 2

Cambiando le disposizioni dei quattro switch logici, eseguite gli esperimenti necessari per completare la tabella della verità data qui di seguito per un 7451 2-input 2-wide AND-OR-Invert gate.

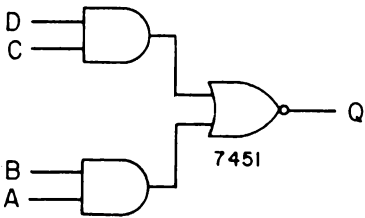
D	C	B	A	Q
0	0	0	0	1
0	0	0	1	
0	0	1	0	
0	0	1	1	
0	1	0	0	
0	1	0	1	
0	1	1	0	
0	1	1	1	
1	0	0	0	
1	0	0	1	
1	0	1	0	
1	0	1	1	
1	1	0	0	
1	1	0	1	
1	1	1	0	
1	1	1	1	

Rispondete alla seguente domanda:

Qual'è la condizione minima per poter vedere una uscita a 0 logico in questo tipo di gate?

Domande

1. Considerate il seguente 2-input 2-wide AND-OR-Invert gate. Completate la seguente tabella della verità quando gli ingressi C e D non sono collegati

B	A	Q
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

2. Riferitevi al 2-input 2-wide AND-OR-Invert gate che vi abbiamo appena mostrato. Riempite la tabella della verità quando C=0 e D=1

B	A	Q
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

3. Riferitevi ancora una volta al 2-input 2-wide AND-OR-Invert gate dato in precedenza. Completate la seguente tabella della verità quando B=1, C=0 e D=1.

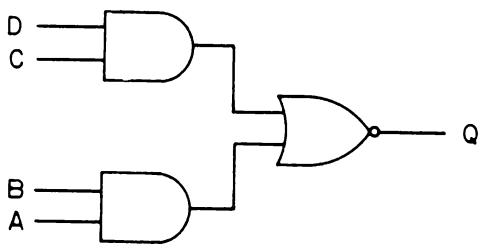
A	Q
0	
1	

4. Per l'ultima volta riferitevi al 2-input 2-wide AND-OR-Invert gate di prima. Completate la tabella della verità quando D=1

C	B	A	Q
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

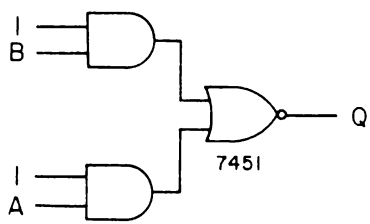
5. Quanti 2-input 2-wide AND-OR-Invert gate indipendenti ci sono nel chip 7451?

6. Potete suggerire qualche utilizzazione del gate AND-OR-Invert?

7. Il diagramma di un 2-input 2-wide AND-OR-Invert gate è disegnato qui di seguito

Il "2-wide" si riferisce ai due AND gate che agiscono da ingressi al NOR gate; il "2-input" si riferisce al fatto che ognuno dei due AND gate ha due ingressi. Su queste basi, disegnate uno schema per (a) un 3-input 2-wide AND-OR-Invert gate, e (b) un 2-input 4-wide AND-OR-Invert gate. Usate lo spazio che segue per la vostra risposta.

8. Considerate il seguente 2-input 2-wide AND-OR-Invert gate, nel quale uno degli ingressi a ciascuno dei due AND gate è a stato logico 1. Quando abbiamo soltanto due ingressi è convenzione usare le lettere A e B invece di A e C come vi aspettereste dallo schema seguente?

Completate la seguente tabella della verità di questo gate:

B	A	Q
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

COSA AVETE REALIZZATO CON QUESTO CAPITOLO?

Uno sguardo agli obiettivi

Abbiamo detto nell'introduzione di questo Capitolo che alla fine sareste stati in grado di:

- Definire, con parole vostre, il termine *tabella della verità*.
  Vi è stato chiesto di dare questa definizione nella domanda n. 5 dell'Esperimento N. 7. Una definizione del termine "tabella della verità" è stata data nella sezione intitolata "Che cosa è una tabella della verità".

- Scrivere la corretta tabella della verità per i seguenti gate logici:

  AND gate
  NAND gate
  OR gate
  NOR gate
  Exclusive OR gate
  AND-OR-Invert gate

  Le relative tabelle della verità sono state date nelle sezioni dell'introduzione generale e a voi è stato chiesto di ricavarle dai risulati degli esperimenti di questo Capitolo. Le domande alla fine di ogni esperimento di questo Capitolo hanno dimostrato la vostra conoscenza delle tabelle della verità. La tabella della verità più grande che avete dovuto scrivere è stata la tabella della verità di un 4-input gate.

- Dimostrare il funzionamento di alcuni dei più comuni chip di gate della serie di circuiti integrati comprendente i chip 7400, 7402, 7404, 7410, 7411, 7420, 7421, 7427, 7430, 7432, 7451 e 7486.

  Negli otto esperimenti di questo Capitolo, avete dimostrato il funzionamento di tutti questi semplici chip di circuito integrato. Si spera che abbiate preso confidenza con il collegamento di un circuito digitale basandovi soltanto sullo schema.

- Dimostrare, per mezzo di un 7420 4-input NAND gate, che un pin non collegato di un chip della serie 7400 è a stato logico 1.

  Avete dimostrato questo risultato nell'importantissimo Esperimento N. 4 di questo Capitolo.

CAPITOLO 4

ALCUNI ESPERIMENTI PARTICOLARI CHE UTILIZZANO UN FOUR-DECADE COUNTER

INTRODUZIONE

Ammetterete probabilmente che il compilare tabelle della verità non è una delle attività più interessanti per l'uso dei circuiti integrati. In questa sezione prenderete un breve respiro dalla "scienza" della materia elettronica digitale e costruirete invece diversi circuiti di conteggio e di timing che utilizzano uno o più display a LED a sette segmenti e quattro contatori decimali 7490. Questi circuiti di conteggio e timing simulano l'azione di molti strumenti di elettronica digitale importanti: contatori, temporizzatori, frequenzimetri, voltmetri digitali, capacimetri e altri. Alcuni degli esperimenti non sono facili; raccomandiamo caldamente gli Esperimenti dal N. 6 al N. 9 alla persona amante del rischio e pronta ad essere molto paziente perchè dovrà collegare un circuito digitale piuttosto complesso. Molti dei circuiti che descriveremo in questo Capitolo sono fra i più complicati di tutto il manuale.

OBIETTIVI

Alla fine di questo Capitolo sarete in grado di:

- Costruire e far funzionare un four-decade counter composto di quattro contatori 7490 collegati in cascata.
- Contare rimbalzi di contatto quando tentate di mettere un filo a potenziale di massa.
- Contare rimbalzi di contatto di uno switch single-pole double throw (SPDT).
- Impiegare un contatore a quattro decadi per misurare la frequenza e la capacità oltre 50.000-fold range.
- Costruire un circuito che elimina rimbalzi di contatto in uno switch SPDT.
- Impiegare un temporizzatore 555 come sorgente di impulsi di clock a frequenze fino a 100 kHz.
- Impiegare un chip di circuito integrato multivibratore monostabile 74121 come sorgente di impulsi singoli di gating.
- Superare un test nel quale vi si chiede la differenza fra diversi tipi di impulsi di clock e i passaggi di impulsi di clock.
- Spiegare che cosa si intende con il termine "forma d'onda digitale" e darne un esempio.

DEFINIZIONI

Ampiezza dell'impulso, durata dell'impulso (Pulse width, pulse duration)
Chiamata anche lunghezza dell'impulso. L'intervallo di tempo fra i punti nei quali il valore istantaneo all'inizio e alla fine dell'impulso (fronti iniziali e finali) che è in una determinata relazione con il punto massimo dell'ampiezza dell'impulso.[1]

Capacità di timing, resistenza di timing (Timing capacitance, timing resistance)
Componenti passivi utilizzati per regolare la frequenza o la durata degli impulsi di segnali digitali.

Cascata (Cascade)
Una disposizione in serie di due o più circuiti simili in modo che l'uscita di uno costituisca l'ingresso al successivo.[1]

Collegare a cascata (To cascade cascading)
Il collegamento in serie di due o più circuiti in modo che l'uscita di uno costituisca l'ingresso al successivo.[1]

Condensatore elettrolitico (Electrolytic capacitor)
Un condensatore con due elettrodi di conduzione e con un anodo ricoperto da una pellicola di ossido di metallo. La pellicola agisce da mezzo dielettrico e isolante. Il condensatore funziona in presenza di un elettrolita, generalmente un acido o un sale.[1]

Condensatore Mylar® (Mylar® capacitor)
Un condensatore in cui il dielettrico è una pellicola di Mylar®, da sola o in combinazione con carta. Marchio registrato della DuPont Corporation.

Contatore (Counter)
Un circuito che conta gli impulsi di ingresso.
Un tipo specifico produce un impulso in uscita ogni qualvolta riceve un numero prestabilito di impulsi in ingresso. Lo stesso termine può anche essere applicato a parecchi di questi circuiti collegati in cascata allo scopo di fornire un conteggio digitale. Chiamato anche divisore.[1]

Contattare (To contact)
Unire due conduttori o due oggetti di conduzione in modo da realizzare un percorso completo per il flusso della corrente.[1]

Contatto (Contact)
Il punto di congiunzione che genera il completamento del percorso. Una delle parti conduttrici di corrente di un relay, switch o connettore che vengono impegnati o disimpegnati per aprire o chiudere i circuiti elettrici relativi.[1]

Costante di tempo (Time costant)
Il tempo che occorre a una quantità esponenziale per variare di un ammontare uguale a 0,632 volte la variazione totale che avrà luogo. Specificatamente, in un circuito condensatore-resistenza (RC), il numero di secondi richiesti dal condensatore per raggiungere il 63,2% della sua piena carica dopo che una tensione è stata applicata. La costante di tempo di un condensatore con la resistenza C in Farad in serie con una resistenza R in ohm è uguale a RxC, avendo il risultato unità di secondi.[1]

Debounced
Riferito a un switch o un relay che non presentano più rimbalzi di contatti.

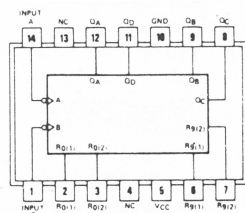
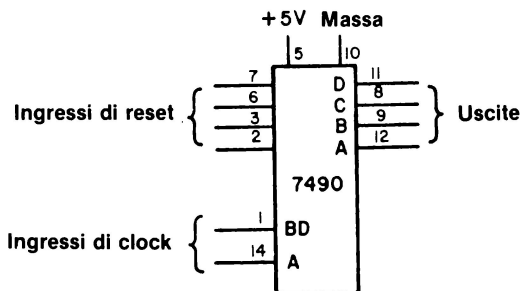
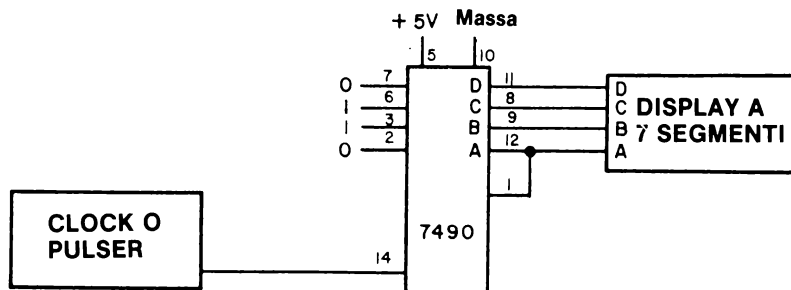
Farad	La capacità di un condensatore nel quale una carica di 1 Coulomb produce una variazione di 1 V nella differenza di potenziale fra i suoi terminali. Il farad è l'unità di capacità del sistema MKSA.[1]
Flip-flop	Chiamato anche multivibratore bistabile, Circuito Eccles-Jordan o circuito di scatto (trigger circuit). Un circuito multivibratore a due stati con due stati stabili. Un segnale di trigger fa variare il circuito da uno stato ad un altro e il successivo segnale di trigger lo fa ritornare allo stato precedente. Allo scopo di effettuare un conteggio o una scala si può usare un flip-flop per inviare un impulso d'uscita ogni due impulsi di entrata.[1]
Flip-flop sensibile al fronte d'onda (Edge-triggered flip-flop)	Un tipo di flip-flop nel quale è condizione necessaria perchè avvenga una variazione di uscita, che ci sia un minimo rapporto di variazione dei segnali di clock.[1]
Forma d'onda digitale (Digital waveform)	Una rappresentazione grafica di un segnale digitale, che evidenzia le variazioni di stato logico come funzione di tempo.
Frequenza (Frequency)	Il numero di ricorrenze di un fenomeno periodico in una unità di tempo. La frequenza elettrica è specificata in tanti cicli per secondo, o Hertz.[1]
Fronte (Edge)	Il passaggio da 0 logico a 1 logico, o da 1 logico a 0 logico, in un impulso di clock.
Fronte finale (Trailing edge)	Il passaggio di un impulso che avviene per ultimo, come il passaggio da alto a basso di un impulso di clock positivo.[1]
Fronte iniziale (Leading edge)	La prima transizione di un impulso da 0 ad 1, oppure da 1 a 0.
Fronte negativo, passaggio di fronte negativo (Negative edge, negative edge transition)	Il passaggio da 1 logico a 0 logico di un impulso di clock.
Fronte positivo, passaggio di fronte positivo (Positive edge, positive edge transition)	Il passaggio da 0 logico a 1 logico in un impuslo di clock.
Hertz	Abbreviato Hz. Un'unità di frequenza uguale a un ciclo per secondo.[1]
Impulso di clock negativo (Negative clock pulse)	Un ciclo logico nel quale avviene un passaggio da 1 logico a 0 logico e ritorno a 1 logico.
Impulso di clock positivo (Positive clock pulse)	Un ciclo logico completo in cui avviene un passaggio da 0 logico a 1 logico e ritorno a 0 logico.
Ingresso di clock (Clock input)	Il termine flip-flop la cui condizione o variazione di condizioni comanda l'ammissione dei dati attraverso ingressi sincroni e quindi comanda l'uscita del flip-flop. Il segnale di clock consente l'entrata dei segnali dei dati nel flip-flop, e quindi fa si che il flip-flop cambi conseguentemente di stato.[1]

Microswitch	Un piccolo switch.
Multivibratore monostabile (Monostable multivibrator)	Chiamato anche multivibratore start-stop.(1) Un circuito con un solo stato stabile che può variare tramite un trigger, ma soltanto per un intervallo prestabilito, dopo il quale ritorna allo stato originale.(1)
ohm	Simbolizzato dalla lettera greca omega(Ω). L'unità di resistenza. È definito come la resistenza, a 0° C, di una colonna di mercurio uniforme lunga cm. 106,300 del peso di grammi 14,4521. Un ohm è il valore della resistenza attraverso la quale una differenza di potenziale di un volt mantiene una corrente di un ampere.(1)
Passaggio (Transition)	L'istanza di cambiamento da uno stato ad un secondo stato.
Resistenza pull-up (Pull-up resistor)	Una resistenza collegata all'alimentazione di tensione positiva di un circuito a transistor, come ad esempio dall'alimentazione di un collettore al collettore d'uscita.(1) Usata anche a volte con switch meccanici per assicurare la tensione di una o più posizioni dello switch.
Rimbalzo (Bounce)	Il formarsi e l'interrompersi incontrollato di un contatto quando i contatti di uno switch o di un relay sono chiusi.(1) Problema importante nei circuiti digitali, dove i rimbalzi possono agire da impulsi di clock.
Rimbalzo di contatti (Contact bounce)	Il formarsi o l'interrompersi incontrollato di contatti, quando i contatti di uno switch o di un relay sono chiusi.(1)
Switch unipolare a doppio contatto (Single-pole double-throw switch)	(Single-pole double-throw switch). Abbreviato SPDT. Uno switch a tre terminali o contatti di relay per il collegamento di un terminale a uno, o l'altro di altri due terminali.(1)
Temporizzatore (Timer)	Uno speciale meccanismo di clock usato per eseguire operazioni di commutazione a intervalli di tempo prestabiliti.(1)
To debounce	Eliminare i rimbalzi di contatto (contact bounce) in uno switch o in un relay.
Trigger	Provocare, per mezzo di un circuito, l'inizio di un'azione in un altro circuito che quindi funziona per una certa lunghezza di tempo sotto il proprio controllo. Un impulso che avvia un'azione.
Undebounced	Si riferisce a uno switch o relay che presenta ancora rimbalzi di contatto.
555 timer, temporizzatore (555 timer)	Un chip di circuito integrato con 8 pin utilizzato per operazioni di commutazione a intervalli di tempo prestabiliti. Viene usato per temporizzazioni di precisione, generazione d'impulsi, temporizzazione sequenziale, generazione di ritardi di tempo, modulazione dell'ampiezza di impulsi, modulazione della posizione d'impulsi, ecc.

IL CIRCUITO INTEGRATO 7490 DECADE COUNTER

Forse, l'operazione singola più importante nella strumentazione elettronica digitale è quella del *conteggio*, cioè della misurazione di quanti singoli impulsi di clock digitali avvengono durante un periodo di tempo specifico. Quantità fisiche come resistenze, capacità, tensione, corrente, frequenze ed altre, sono quasi invariabilmente trasfomate in una serie di impulsi di clock il cui numero, in un periodo di tempo specifico, è in qualche modo proporzionale alla quantità fisica che si misura.

In questo Capitolo eseguirete degli esperimenti utilizzando un circuito di conteggio capace di contare impulsi di clock da 0000 a 9999, cioè un circuito di conteggio che può contare 10.000 impulsi di clock. Questo circuito è composto da quattro 7490 decade counter *collegati in cascata*, che significa che l'uscita di un 7490 decade counter è collegata all'ingresso del successivo. Inoltre, ogni 7490 decade counter contiene un display a LED a sette segmenti. Pertanto avete un display a quattro cifre che può leggere direttamente da 0000 a 9999.

Qui di seguito vi diamo la configurazione dei pin e lo schema del chip 7490 decade counter:

7490

Rammenterete di aver già usato questo chip di circuito integrato nell'Esperimento N. 7 e nel N. 8 del Capitolo 1. Il circuito che allora avevate collegato era:

Ricordate che avevamo detto che i pin 3 e 6 che erano stati lasciati non collegati negli Esperimenti N. 7 e 8, erano a stato logico 1.

Un impulso di clock è stato definito in precedenza come un ciclo logico completo, cioè un passaggio da 0 logico a 1 logico e ritorno a 0 logico (*impulso di clock positivo*) o un passaggio da 1 logico a 0 logico e ritorno a 1 logico (*impulso di clock negativo*). Il simbolo di un impulso di clock positivo è

mentre il simbolo di un impulso di clock negativo è

Quando applichiamo un solo impulso di clock positivo utilizzando l'uscita "0" da un generatore di impulsi collegato al pin 14 del 7490 decade counter chip, osserviamo che il numero decimale sul display a LED a sette segmenti *varia soltanto quando rilasciamo il pulsante del generatore d'impulsi*. Il punto significativo di questo fatto è che il decimale varia soltanto in corrispondenza del fronte dell'impulso di clock invece che nel mezzo di questo. Del contatore decimale 7490 si dice che è *sensibile al fronte d'onda* il che significa che i *flip-flop* (discuteremo dei flip-flop nel Capitolo 8) all'interno del contatore variano lo stato soltanto al *fronte negativo* dell'impulso di clock. Questa è una caratteristica di questo contatore estremamente importante perchè ci permette di collegare in cascata tutti i contatori che vogliamo. Prima di parlare del collegamento in cascata dei contatori, vorremmo parlare del concetto di fronte negativo e positivo di un impulso di clock.

FRONTE POSITIVO E NEGATIVO DI UN IMPULSO DI CLOCK

Molti dispositivi elettronici digitali importanti contengono flip-flop che variano di stato con l'applicazione di un impulso di clock. Normalmente è abbastanza importante distinguere a quale fronte di un impulso di clock avviene il passaggio di stato. Nelle figure 4-1 e 4-2 sono raffigurati un impulso di clock positivo e un impulso di clock negativo. In questi impulsi di clock avvengono due tipi di passaggio:

- *Un passaggio di fronte positivo,* nel quale il passaggio avviene da 0 logico a 1 logico, e

- *Un passaggio di fronte negativo*, nel quale il passaggio avviene da 1 logico a 0 logico.

Osserverete che nelle figure 4-1 e 4-2 gli aggettivi "iniziale", "ascedente", "positivo", "negativo", "finale" e "discendente", si riferiscono tutti a passaggi di fronte in un impulso di clock. I termini "iniziale e finale" sono un po' fuorvianti perchè un "fronte iniziale" di un impulso di clock positivo non è la stessa cosa di un "fronte finale" di un impulso di clock negativo.

Nel corso di questo manuale cercheremo di evitare confusioni limitando la nostra descrizione dei fronti di impulsi di clock a sei termini solamente: *fronte negativo, fronte positivo, fronte negativo iniziale (negative leading edge), fronte negativo finale (negative trailing edge), fronte iniziale positivo e fronte finale positivo.*
Molte definizioni sono nell'ordine:

Flip-flop sensibile al fronte d'onda (Edge-triggered flip-flop)	Un tipo di flip-flop nel quale è condizione necessaria perchè avvenga una variazione di uscita, che ci sia un minimo rapporto di variazione dei segnali di clock.[1]
Trigger	Un impulso che dà inizio ad un'azione. Può anche essere il fronte di un impulso.
Fronte positivo (Positive edge)	Il passaggio da 0 logico a 1 logico in un impulso di clock. In un impulso di clock positivo è un fronte iniziale positivo, mentre in un impulso di clock negativo è un fronte finale positivo.
Fronte negativo (Negative edge)	Il passaggio da 1 logico a 0 logico in un impulso di clock. In un impulso di clock positivo è un fronte finale negativo, mentre in un impulso di clock negativo è un fronte iniziale negativo.

Nella serie di chip di circuito integrato 7400, la maggior parte dei passaggi a "edge triggered" avvengono sul fronte negativo degli impulsi di clock. Tale è il caso del contatore decimale 7490 della pagina precedente. Vi sono alcuni chip della serie 7400 che variano sul fronte positivo degli impulsi di clock. Questi chip sono molto apprezzati per questa caratteristica.

Ritornando alle figure 4-1 e 4-2, notate che l'ordinata è la tensione (o stato logico) e l'ascissa è il tempo. Questo tracciato chiamato *forma d'onda digitale* ed è di uso molto comune in elettronica digitale. Vi incoraggiamo a capire che tipo di informazione fornisce questo tipo di tracciato.

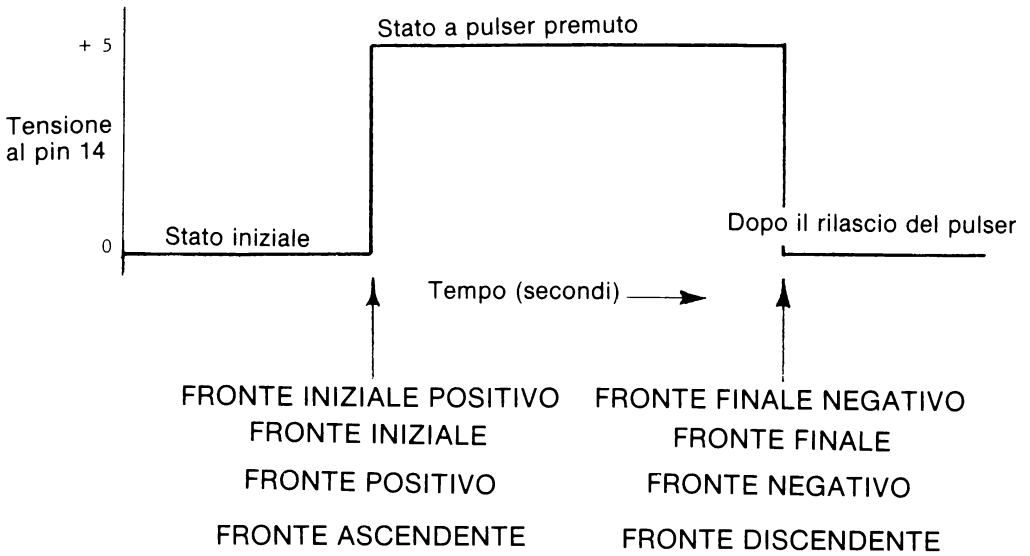



Figura 4-1. "Impulso di clock". Questo è un impulso "positivo", poichè lo stato iniziale è uno stato logico 0.

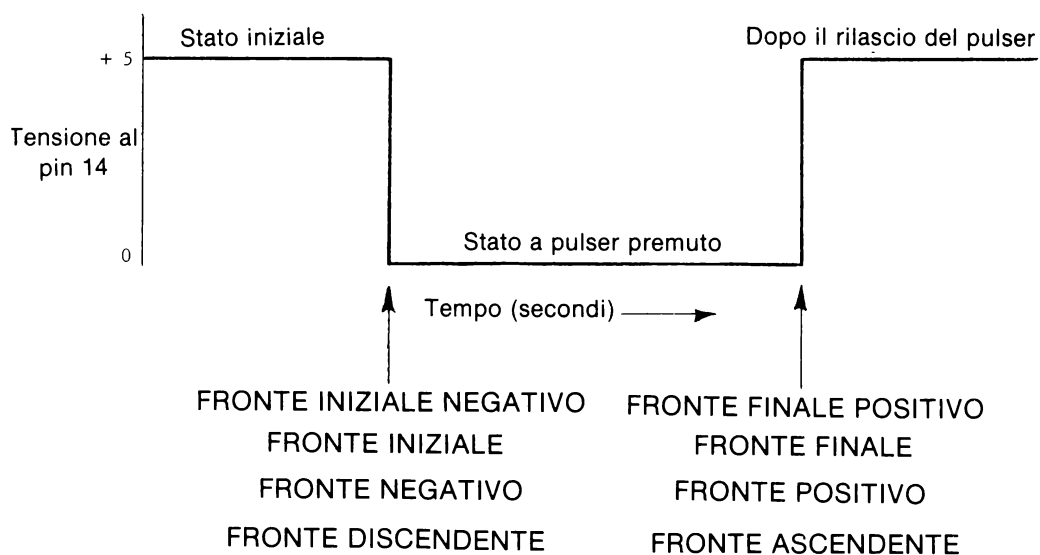



Figura 4-2. "Impulso di clock". Questo è un impulso "negativo", poichè lo stato iniziale è uno stato logico 1.

FORME D'ONDA DIGITALI DI UN 7490 DECADE COUNTER

Una *forma d'onda* può essere definita come una rappresentazione grafica di un'onda elettromagnetica, che indica le variazioni di ampiezza nel tempo. In elettronica digitale il concetto di forma d'onda si applica più specificatamente alla variazione di stato logico come una funzione di tempo ad un punto specifico di un circuito digitale. In un circuito digitale complesso è evidente che potrebbero occorrerci diverse forme d'onda che corrispondono a diversi punti di quel circuito digitale. Per capire e caratterizzare in pieno il comportamento del circuito come una funzione di tempo.

Abbiamo indicato, nella figura 4-3 cinque diverse forme d'onda per un contatore decimale 7490 CHE esegue un conteggio da 0 a 9 e si riporta poi a 0 da dove ricomincia a contare fino a 9. I punti del chip 7490 su cui abbiamo misurato queste forma d'onda, sono dall'alto al basso:

- l'Ingresso di Clock A al pin 14 del chip 7490
- L'uscita A al pin 12 al chip 7490
- L'uscita B al pin 9 del chip 7490
- L'uscita C al pin 8 del chip 7490
- L'uscita D al pin 11 del chip 7490

Vediamo qual'è la situazione quando il display a LED a sette segmenti dà una indicazione di 3 decimali. Nella figura 4-3 si può vedere che le quattro uscite sono ai seguenti stati logici: A=1, B=1, C=0 e D=0. Questi stati logici corrispondono al decimale in codice binario 0011, che è semplicemente il tre decimale. Osservate ora che cosa accade al fronte negativo dell'impulso di clock all'Ingresso di Clock A quando il display legge 3 decimale: entrambe le uscite A e B fanno un rapido passaggio a uno stato logico 0 mentre l'uscita C contemporaneamente fa un passaggio a uno stato logico 1. Quando l'impulso di clock termina, abbiamo una lettura di decimale in codice binario di 0100, o quattro decimale. Pertanto, abbiamo appena analizzato il comportamento del contatore decimale 7490 quando conta da tre decimale a quattro decimale. Tutti gli altri passaggi del contatore 7490 dovrebbero capirsi bene attraverso l'uso di queste cinque forme d'onda digitali.

COLLEGAMENTO IN CASCATA DI CONTATORI DECIMALI 7490

Collegare in cascata, vuol dire disporre due o più circuiti digitali simili o chip di circuito integrato, in modo tale che l'uscita di un circuito o di un chip fornisce l'ingresso del successivo. Nella figura 4-4, abbiamo raffigurato due contatori decimali 7490 collegati in cascata. Con questo circuito siamo in grado di contare da 0 decimale a 99 decimale e indietro a 0 decimale. Abbiamo anche indicato il collegamento chiave necessario per collegare in cascata i due contatori 7490: il collegamento del pin 11, l'uscita D, del contatore 7490 n. 1 al pin 14 dell'Ingresso di Clock A del contatore 7490 n. 2. In altri termini, l'uscita D del contatore n. 1 agisce come ingresso di clock del contatore n. 2. Il particolare passaggio di fronte negativo necessario per questo funzionamento in cascata è indicato nella figura 4-3: è il passaggio di fronte negativo all'uscita D.

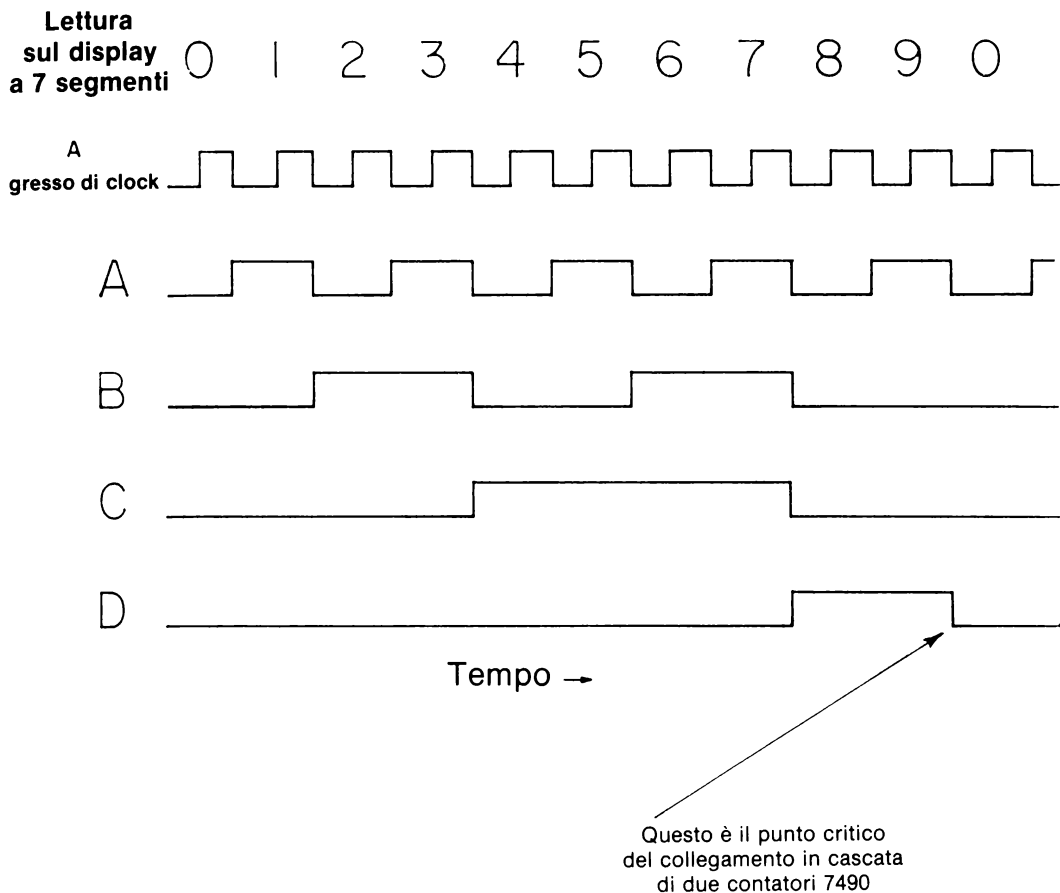
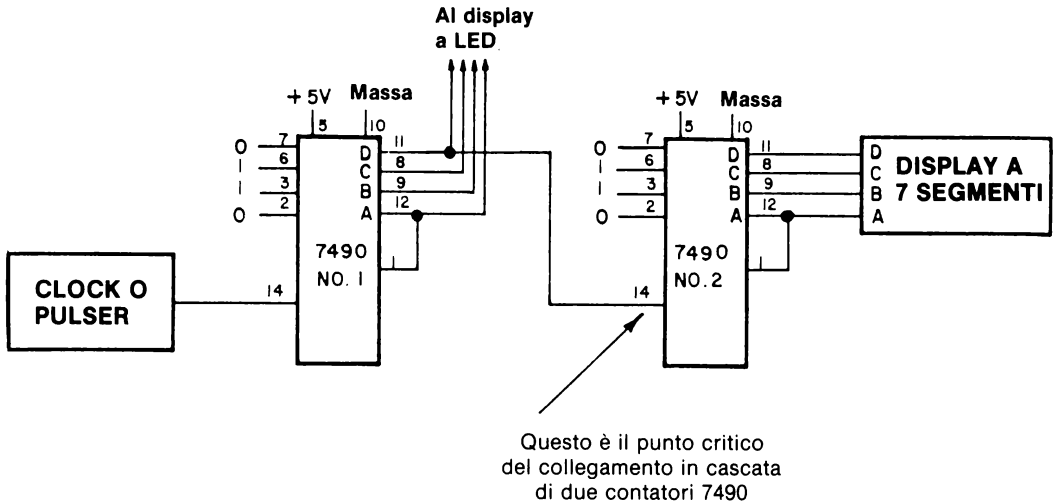



Figura 4-3. Forme d'onda digitali per l'ingresso di Clock A e per le quattro uscite A, B, C e D di un contatore decimale 7490. Avviene un passaggio da un numero al successivo in sequenza sul trailing edge negativo dell'impulso di clock.
Il passaggio sul fronte negativo fra 9 decimale e 0 decimale è usato come ingresso di clock al contatore decimale 7490 adiacente in circuiti di contatori decimali 7490 collegati in cascata.

Nella figura 4-4 rappresentiamo quattro contatori decimali 7490 collegati in cascata ciascuno dei quali è collegato al proprio display a LED a sette segmenti. Abbiamo disposto lo schema in modo che la lettura della posizione 1000 si trovi all'estrema sinistra e la lettura della posizione 1 si trovi all'estrema destra. In questo Capitolo vi sarà chiesto di collegare questo circuito. Più di qualsiasi altro circuito che avete collegato fin'ora, i quattro contatori decimali collegati in cascata vi evidenzieranno l'interesse e la vitalità dell'elettronica digitale. È particolarmente interessante guardare il passaggio da 9999 a 0000; i quattro display a LED variano simultaneamente.

Studiate il contatore n. 1 della figura 4-4. Notate che all'"Ingresso di Clock A" (pin 14) possiamo avere qualsiasi sorgente di impulsi di clock. Come indicato qui di seguito, normalmente noi impieghiamo un gate, come il 7400 2-input NAND gate, fra la sorgente degli impulsi di clock e il pin 14; questo ci permette di effettuare il gate degli impulsi di clock nel contatore per mezzo di un ingresso di gating.

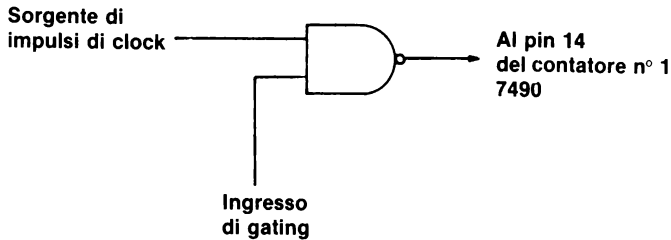
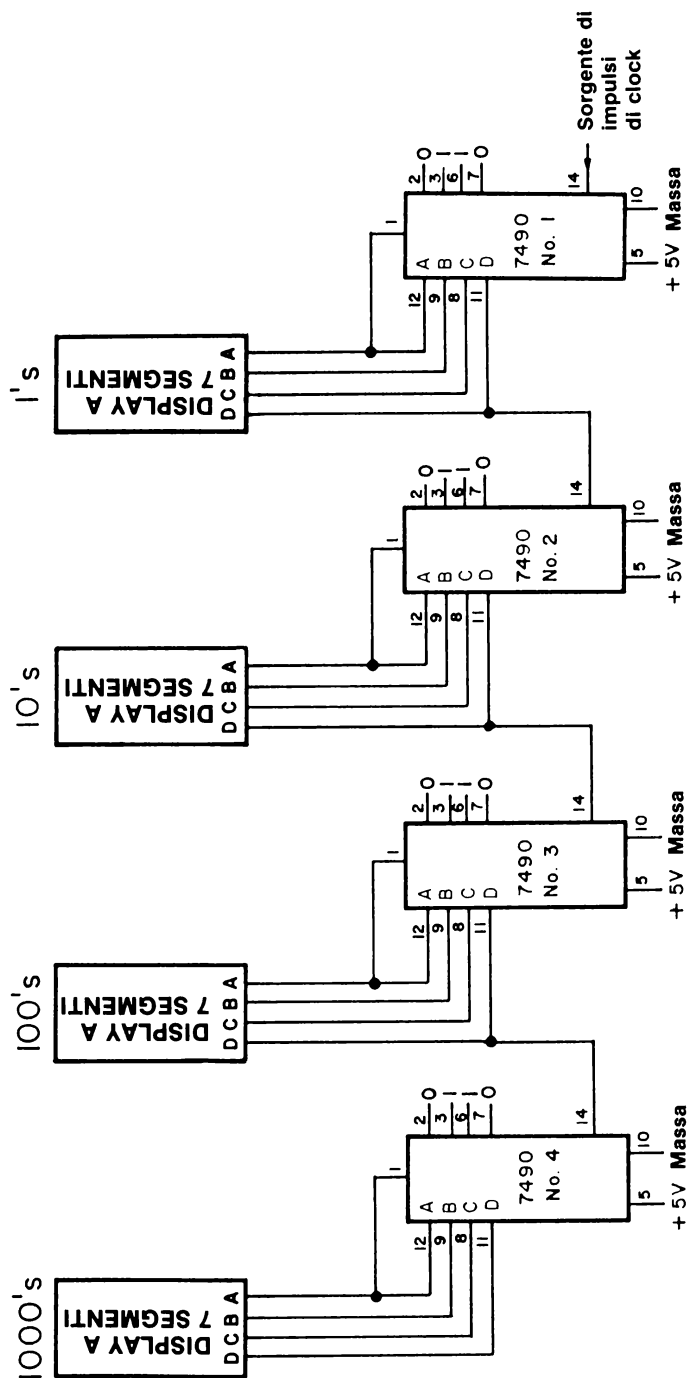
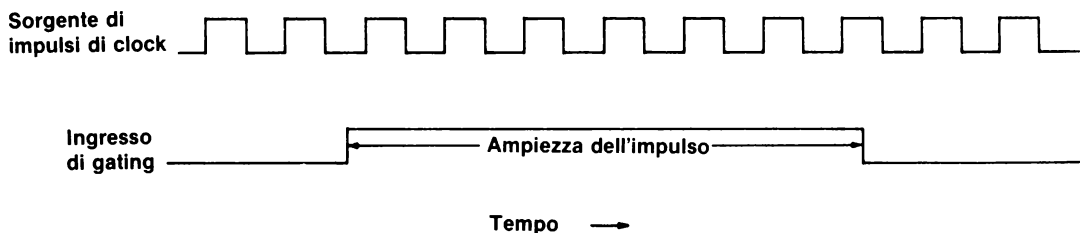



Figura 4-4. Quattro contatori decimali 7490 collegati in cascata, ognuno dei quali è collegato al proprio display a LED a sette segmenti. Con questo circuito potete contare da 0000 a 9999. La cifra meno significativa, la cifra 1 è all'estrema destra. Per una cifra ragionevole potete acquistare un kit per un contatore a 8 decadi che può fornire frequenze in multipli di 10 da 0,1 MHz fino a 10 MHz. Questo standard di frequenza può essere usato come sorgente di impulsi di clock nella misura dell'ampiezza di impulsi di gating, ed anche come sorgente di singoli impulsi di gating.

L'uso di un gate ci consente di eseguire due tipi di misure sperimentali:

- Data una sorgente di impulsi di clock di frequenza nota, misurare *l'ampiezza dell'impulso*, cioè la durata di un impulso, di un ingresso di gating.
- Dato un ingresso di gating di nota ampiezza, misurare il numero di impulsi di clock durante un singolo impulso di gating.

Questi due tipi di misure si comprendono meglio con l'aiuto delle forme d'onda digitali rappresentate qui di seguito. Presumendo che il contatore è negativo-edge triggered, possiamo contare sei volte prima che l'ingresso di gating ritorni a stato logico 0. Se la sorgente di impulsi di clock avesse una frequenza superiore dovremmo osservare più conteggi per la stessa ampiezza d'impulso. D'altra parte, se l'ampiezza d'impulso fosse inferiore osserveremmo un minor numero di conteggi. Con l'adeguata regolazione dell'ampiezza d'impulso e della frequenza della sorgente degli impulsi di clock, si può eseguire una grande varietà di misure. La sorgente degli impulsi di clock può essere:

- Un clock che funziona a frequenze da un minimo di 0,01 Hz a un massimo di diverse centinaia di migliaia di Hz.
- Un generatore d'impulsi.
- Uno switch meccanico non-debounced.
- Un trasduttore o convertitore tensione-frequenza che converta una qualsiasi quantità fisica in una serie di impulsi di clock la cui frequenza è in qualche modo relativa alla grandezza della quantità fisica. Con questa tecnica, possiamo misurare frequenza, tensione, corrente, resistenze, capacità, eventi, velocità, ecc.

La sorgente di impulsi di gating può essere:

- Un clock che funziona a una frequenza molto più bassa.
- Un multivibratore monostabile.
- Un generatore d'impulsi debounced.
- Altri sistemi che generano un singolo impulso di clock.

INTRODUZIONE AGLI ESPERIMENTI

In questo Capitolo userete una varietà di esperimenti, più complicati di molti esperimenti che incontrerete nei Capitoli successivi. Gli esperimenti di questo Capitolo sono fra i più interessanti di tutto il manuale. Valgono la vostra particolare attenzione e il tempo che dovrete impiegare a realizzarli in modo corretto. Dato che quattro contatori decimali sono collegati in cascata, i collegamenti saranno un po' ripetitivi. Questo dovrebbe semplificare il compito di collegare i circuiti.

Vorremmo indirizzare la vostra attenzione all'Esperimento N. 7, che vi insegna a usare un solo display a LED a sette segmenti e un paio di chip 74153 data selector/multiplexer in sostituzione di quattro display a LED a sette segmenti. Se avete soltanto un display a LED a sette segmenti, collegate prima il circuito di questo esperimento e poi utilizzatelo per gli Esperimenti dal N. 1 al N. 6 e N. 8 e 9.Non avete bisogno di quattro display a LED a sette segmenti; due o tre saranno sufficienti per gli esperimenti dal N. 1 al N. 6. Potete cambiare la posizione di questi display nello sforzo di ottenere una lettura corretta per tutti e quattro i contatori 7490.

Possiamo classificare i 9 esperimenti a seconda della sorgente di impulsi di clock e della sorgente di impulsi di gating. Pertanto:

Esperimento N.	*Sorgente di impulsi di clock*	*Sorgente di impulsi di gating*
1	Qualsiasi clock o pulser	Nessuna
2	Outboard Clock LR-5®	Outboard Generatore di Impulsi Duale LR-7
3	Filo a massa	Nessuna
4	Switch undebounced SPDT	Nessuna
5	Switch debounced SPDT	Nessuna
6	Outboard Clock LR-5®	Multivibratore monostabile 74121
7	Outboard Clock LR-5®	Outboard Generatore di Impulsi Duale LR-7
8	Timer 555	Outboard Generatore di Impulsi Duale LR-7
9	Timer 555	Multivibratore Monostabile 7421

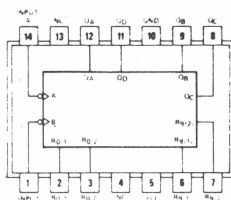
Nell'Esperimento N. 9 mettete tutto insieme, combinando il circuito dei quattro contatori decimali, i due 74153 multiplexer, il timer 555 ed il multivibratore monostabile 74121, in un circuito di ragguardevoli dimensioni, che vi permetterà di generare e misurare frequenze di clock fino a 92.000 conteggi/secondo. Quando sarete riusciti a eseguire questa misura, il circuito si autodistrugge. Non allarmatevi. È solo uno scherzo.

Nell'esperimento che segue, incontrerete dati sperimentali che noi abbiamo misurato mentre scrivevamo questo manuale. Abbiamo lavorato con uno dei primi modelli di Outboard Clock LR-5, che aveva una frequenza massima più bassa (circa 4,5 kHz) del vostro Outboard LR-5. Pertanto, *non pensate di aver letture simili in grandezza alle nostre. Seguite semplicemente i nostri esempi cercando di imparare come abbiamo eseguito le misure e in che modo le abbiamo interpretate.*

ESPERIMENTO N. 1

Scopo

Questo esperimento dimostra il funzionamento di un gruppo di quattro contatori decimali 7490 collegati in cascata. Il circuito sarà usato in questo e in successivi esperimenti di questo Capitolo.

Configurazione dei pin del circuito integrato

7490

Schema del circuito

Vedere figura 4-4.

Passo 1

Studiate attentamente la figura 4-4, lo schema del circuito, e la figura 4-5, che vi suggeriscono come collegare il circuito su un breadboard SK-10. Notate che abbiamo tralasciato la maggior parte dei collegamenti nella figura 4-4. Questo lo abbiamo fatto per sottolineare il layout generale del circuito. Se avete soltanto un Outboard Display a LED a sette segmenti LR-4®, potete inserirlo in una qualsiasi delle quattro posizioni indicate.

Passo 2

Senza alimentazione, collegate il circuito della figura 4-4. Vi consigliamo l'uso di fili corti per tutti i collegamenti dei pin con il potenziale di massa o di +5 V. Avrete una giungla di fili, ma cercate di fare del vostro meglio per mantenere un profilo dei fili piuttosto basso. Forse vi conviene codificare con i colori i vostri collegamenti, cioè fili neri per i collegamenti a massa, fili rossi per i collegamenti a +5 V, fili gialli per i collegamenti fra i pin 1 e i pin 12 del chip 7490, ecc.

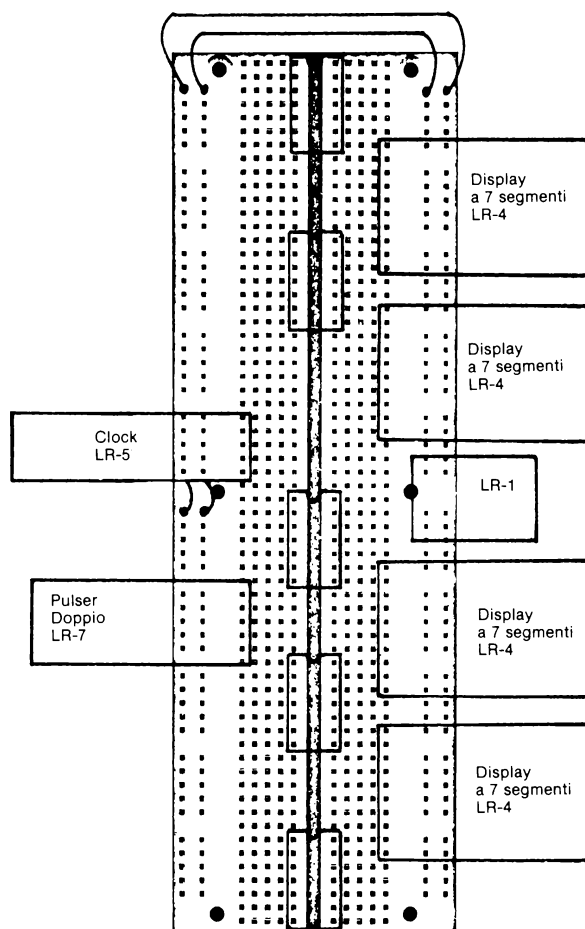



Figura 4-5. Layout del circuito dell'Esperimento N. 1. I collegamenti non sono raffigurati. C'è sufficiente spazio sulla piastra SK-10 per quattro Outboard LR-4, un LR-7, un LR-5, un LR-1® e cinque chip di circuito integrato a 14 pin, quattro dei quali sono contatori decimali 7490. Non mettete i chip di circuito integrato davanti all'ingresso o all'uscita dei pin di nessun Outboard!

Passo 3

Collegate un clock o un generatore di impulsi all'Ingresso di Clock A, pin 14, del contatore 7490 n° 1, come indicato nella figura 4-4. Una volta fatta questa operazione, il circuito è pronto a funzionare. Alimentate il breadboard e notate come i quattro display incominciano a contare da 0000 decimale. A meno che il vostro ritmo di conteggio sia molto veloce, non raggiungete il limite superiore del contatore, 9999. A un ritmo di un impulso di clock/secondo, ci vorrebbero 2,78 ore, circa 2 ore e 47 minuti, per arrivare a 9999_{10}. Se il gruppo di contatori collegati in cascata esegue il conteggio in modo accettabile, siete riusciti a realizzare bene l'esperimento. Rispondete alle domande che seguono e poi passate all'esperimento successivo.
Lasciate questo circuito collegato!

Domande

1. Potete indicare diverse sorgenti di impulsi di clock che potreste collegare a quattro contatori decimali 7490 collegati in cascata entro i prossimi venti o trenta minuti? Elencateli qui di seguito.

2. E se volessimo contare da 0000 a 9999_{10}, quali cambiamenti sarebbero necessari sul circuito? Nello spazio che segue, indicate i collegamenti necessari (non ripetete l'intero circuito della figura 4-4; indicate soltanto i collegamenti da aggiungere).

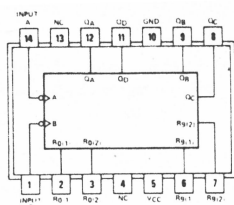
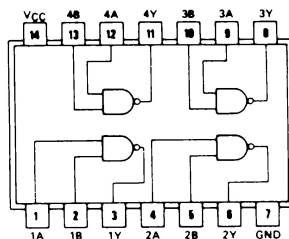
ESPERIMENTO N. 2

Scopo

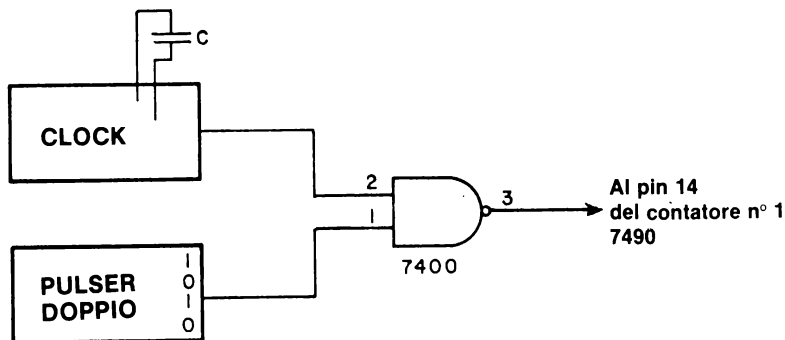
Questo esperimento consente di impiegare quattro 7490 decade counter collegati in cascata come circuiti per misure di capacità e frequenza. Impiegherete un'ampia gamma di condensatori per cambiare la frequenza di clock dall'Outboard Clock LR-5®. Inizierete e fermerete il conteggio con un 7400 2-input NAND gate.

Note e suggerimenti

- Abbiamo già detto che la GBC Italiana è una buona fonte di condensatori di timing che vanno da un valore di 5pF a 2,2 μF.
- Ricordatevi che i condensatori hanno normalmente una tolleranza non migliore di $\pm$10/$\pm$20%.

Configurazione dei pin dei circuiti integrati

7490

7400

Schema del circuito

Vedere figura 4-4. La "sorgente di impulsi di clock" è rappresentata qui di seguito; comprende un Outboard Clock LR-5®, un pulser Outboard, una certa quantità di condensatori e un 7400 quad 2-input positive NAND gate.

Passo 1

Senza alimentazione, collegate la "sorgente di impulsi di clock" di cui sopra, al circuito delle figure 4-4 e 4-5.

Passo 2

Incomincerete con le frequenze più alte, o i valori più bassi delle capacità di timing. Cercate un condensatore con valore fra 100 pF e 500 pF e inseritelo nei pin dell'Outboard Clock LR-5®. Alimentate il breadboard. Dovreste osservare un ritmo di conteggio molto veloce. Soltanto due display a LED a sette segmenti daranno letture distinguibili; gli altri display cambieranno così in fretta che sarà impossibile leggerli. Se questi sono i risultati che avete ottenuto siete pronti per il passo successivo.
Se non sono questi, consultate il vostro istruttore.

Passo 3

Eseguite ora una serie di esperimenti utilizzando diversi valori di condensatori di timing. Per questi esperimenti vi serviranno:

- Un cronometro o un orologio da polso con la lancetta dei secondi.
- I seguenti condensatori: 10 pF, 20 pF, 50 pF, 100 pF, 200 pF, 500 pF, 0,001μF, 0,005 μF, 0,01μF, 0,02 μF, 0,05 μF, 0,1μF, 0,22 μF, 0,5 μF, 1,0 μF e forse 2,2μF. Non tutti questi condensatori sono assolutamente necessari all'esperimento. Cercate però di averne la più vasta gamma possibile.

Riferitevi all'Esperimento N. 8 del Capitolo 1. L'esperimento che eseguirete qui è essenzialmente uguale alla misurazione di capacità eseguita in precedenza. La sola differenza è che sarete capaci di misurare capacità in una gamma molto superiore che nell'Esperimento N. 8. *Cercate di evitare l'uso di condensatori elettrolitici. Esiste un problema di "polarità" quando si collega questo tipo di condensatore a un circuito elettronico. Il terminale negativo deve essere collegato al potenziale positivo minore, nel caso dell'Outboard Clock LR-5®, al potenziale di massa.*

L'oggetto di questo esperimento per voi, è quello di determinare sperimentalmente il numero di impulsi di clock/secondo per ognuno dei suddetti condensatori di timing.

Passo 4

Completatate la seguente tabella per ogni condensatore di timing usato.

Condensatore di Timing	*Numero di Impulsi di Clock/min*
nessuna	
10 pF = 0,00001 μF	
20 pF = 0,00002 μF	
50 pF = 0,00005 μF	
100 pF = 0,0001 μF	
200 pF = 0,0002 μF	
500 pF = 0,0005 μF	
0,001 μF	
0,005 μF	
0,01 μF	
0,02 μF	
0,025 μF	
0,03 μF	
0,05 μF	
0,10 μF	
0,22 μF	
0,5 μF	
1,0 μF	
2,2 μF	

Collegate l'uscita "1" del pulser all'ingresso del 7400 NAND gate. In questo modo dovete soltanto premere il pulser per fermare il conteggio.

Passo 5

Abbiamo eseguito questo esperimento con *uno dei primi modelli dell'Outboard Clock LR-5®* (con frequenza più bassa) e pertanto possiamo riportare i seguenti risultati:

Capacità di Timing (μF)	*Conteggi/min.*	*Frequenza Conteggi/sec.*	*Frequenza^{-1} Sec./conteggi*	*Frequenza x Capacità 10^{-8} Farads/sec.*
nessuna	267,740	4462	0,000224	
0,00001	174,320	2905	0,000344	2,9
0,00002	137,860	2298	0,000435	4,6
0,00005	79,420	1324	0,000755	6,6
0,0001	47,020	784	0,001276	7,8
0,0002	28,480	475	0,002105	9,5
0,0005	11,055	184,3	0,00543	9,2
0,001	5591	93,18	0,01043	9,3
0,005	1188	19,8	0,0505	9,9
0,01	631	10,52	0,0951	10,5
0,02	293	4,88	0,205	9,8
0,025				
0,03				
0,05	128	2,13	0,469	10,7
0,10	57	0,95	1,053	9,5
0,22	26,4	0,44	2,273	9,7
0,5	11,8	0,197	5,076	9,8
1,5	3,82	0,0636	15,7	9,5

Se facciamo una media in modo selettivo dei numeri della colonna finale per grandi valori di capacità di timing, concludiamo che il prodotto dei tempi della frequenza per la capacità è uguale a

$9{,}64 \times 10^{-8}$ Farad/secondo

Ora, se dividiamo questa quantità per la frequenza, in conteggi/secondo, quando non avessimo condensatori di timing, otteniamo

$$\frac{9{,}64 \times 10^{-8} \text{ Farad/secondo}}{4462 \text{ conteggi/secondo}} = 21{,}6 \text{ pF}$$

quale valore della capacità entro i chip di circuito integrato dell'Outboard Clock (il timer 555). Possiamo quindi aggiungere queste capacità calcolate alla capacità di timing effettivamente usata e correggere i valori dell'ultima colonna. Otteniamo i seguenti risultati:

Capacità di Timing pF	*Capacità Totale pF*	*Frequenza x Capacità (totale) 10^{-8} Farad/secondo*
10	31,6	9,2
20	41,6	9,6
50	71,6	9,5
100	121,6	9,5
200	221,6	10,5
500	521,6	9,6
1000	1021,6	9,8

Notate che la quantità "pF", significa picoFarad, o 10^{-12} Farad. Per farla breve, siamo riusciti a dimostrare che:

- La capacità interna di un timer 555 circuito integrato è circa 22 pF.
- C'è una relazione lineare fra la frequenza osservata dell'Outboard Clock LR-5® e la capacità totale, che è uguale alla capacità di timing +21,6 pF.
- La relazione lineare arriva oltre una grandezza di valori della capacità totale di 1,5/0,0000316=47.500.
- I condensatori di timing presentavano variazioni di almeno ±10%.
- È adesso possibile determinare il valore di una capacità sconosciuta dividendo la quantità $9{,}64 \times 10^{-8}$ Farad/secondo per il numero dei conteggi al secondo osservati per il condensatore sconosciuto.
- Possiamo ottenere frequenze di clock fino a 4,5 kHz per mezzo del nostro Outboard Clock LR-5®.
- *Tutti i suddetti valori e calcoli valgono soltanto per il nostro Outboard LR-5. Il vostro Outboard LR-5 può presentare valori notevolmente più alti o più bassi della frequenza x la capacità. Questa è una conseguenza del fatto che la "resistenza di timing" può essere molto diversa dalla "resistenza di timing" presente nel nostro Outboard LR-5.*

Ci rendiamo conto che abbiamo sorvolato su molti particolari dei calcoli che abbiamo fatto nelle due pagine precedenti. Per lo studente che conosce un po' l'elettronica digitale e capisce i circuiti RC e il concetto di una "costante di tempo RC" questi calcoli non dovrebbero rappresentare un mistero. Le misurazioni e i calcoli dimostrano in definitiva come può essere utilizzato un contatore digitale a 4 decadi. Gli errori principali non erano nel circuito di conteggio, ma piuttosto nei valori stessi dei condensatori. Con condensatori di precisione; dovrebbe essere possibile misurare un valore di capacità entro l'1% usando soltanto un orologio con la lancetta dei secondi.

Il suddetto esperimento non è obbligatorio per lo studente alle prime armi. Se decidete di eseguirlo, fate le misurazioni adeguate e poi eseguite i calcoli, come quelli indicati nel Passo 5.

Passo 6

Eseguite i calcoli indicati nel Passo 5 per le misurazioni che avete fatto nel Passo 4. Qual'è il valore della capacità interna del timer 555 dell'Outboard Clock LR-5®?

Qual'è il valore del prodotto della capacità x la frequenza, in Fard/secondi del vostro Outboard Clock LR-5®?

Qual'è la massima frequenza di clock che potete ottenere con il vostro Outboard Clock LR-5® e **nessun** condensatore di timing?

ESPERIMENTO N. 3

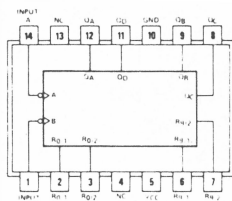
Scopo

Questo esperimento dimostra il "fenomeno" dei rimbalzi di contatto quando si cerca di collegare a massa il pin 14 del contatore decimale 7400 n° 1, in gruppo di quattro contatori 7490 collegati in cascata. Si usa il circuito dell'Esperimento N. 1.

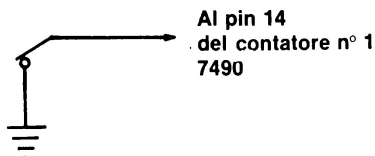
Note e suggerimenti

Nell'Esperimento N. 4 del Capitolo 3, avevamo concluso che tutti i pin di ingresso non collegati, sui chip della serie 7400, sono a stato logico 1. Quando viene applicata al contatore decimale 7490, questa regola implica che il pin 14, che è l'ingresso di clock A, nel caso che non sia collegato, deve essere a stato logico 1.

- La transizione avviene sul fronte negativo di un impulso di clock. Possiamo simulare questo fronte negativo collegando a massa il pin 14, cioè l'ingresso di clock A.

Configurazione dei pin del circuito integrato

7490

Schema del circuito

Vedere figura 4-4. La "sorgente di impulsi di clock" è semplicemente il collegamento del pin 14 del contatore decimale 7490 n° 1, a massa, come nella figura qui sotto:

Passo 1

Il circuito impiegato per questo esperimento è uguale a quello degli Esperimenti N. 1 e 2 con la sola differenza che qui abbiamo una diversa "sorgente di impulsi di clock".

Alimentate il breadboard, collegando il pin 14 del contatore 7490 n°1 allo stato logico 1. La lettura sui quattro display a LED a sette segmenti generalmente è 0000. Se non lo fosse, scrivete la lettura iniziale nello spazio qui sotto.

Inserite rapidamente il filo di collegamento dal pin 14 in un pin terminale di massa della piastra SK-10. Che lettura osservate sui quattro display a LED? Scrivetelo qui di seguito.

Quando provammo questo esperimento per la prima volta, osservammo una lettura di 0118! Che cosa significa un numero così alto? La risposta è che quando inseriamo il filo nel terminale di massa, si determinano dei rimbalzi per un certo numero di volte, finchè non si stabilisce un contatto stabile. Il numero 0118, indica che, nel nostro caso, il filo è rimbalzato centodiciotto volte prima che, finalmente, trovasse riposo. Non c'è un modo per "vedere" realmente questi rimbalzi; usiamo invece il circuito di conteggio digitale perchè li "veda" per noi. Può essere difficile credere che avvengano tanti rimbalzi. Comunque, con l'uso di un oscilloscopio si può verificare quanto detto.

Passo 2

Rimuovete rapidamente il filo dal terminale di massa. Qual'è adesso il conteggio?

Quando noi eseguimmo l'esperimento, il nostro conteggio cambiò in 0197. In altre parole, mentre toglievamo il filo dal terminale, rimbalzò 79 volte.

Passo 3

Ripetete i Passi 1 e 2 altre cinque volte. Registrate il numero dei conteggi del display dopo ogni inserimento e rimozione.

	Inserimento	*Rimozione*
Prova N° 1		
Prova N° 2		
Prova N° 3		
Prova N° 4		
Prova N° 5		

Noi abbiamo eseguito la nostra serie di 15 prove e abbiamo osservato i seguenti risultati

0000	–––	[Start]
0118	0197	
0233	0249	
0264	0264	
0284	0293	
0399	0411	
0413	0413	
0415	0417	
0421	0421	
0501	0560	

0569	0593
0633	0634
0655	0669
0685	0686
0687	0726
0847	0850
0856	0872

Notate che, a volte, si può togliere il filo dal terminale di massa, senza causare rimbalzo (vedere gli inserimenti 0413 e 0421 nella tabella qui sopra.). Il numero più piccolo possibile di rimbalzi che possiamo osservare quando inseriamo il filo nel terminale di massa è uno; abbiamo avuto questo risultato in un solo caso (vedere l'inserimento 0687).

Tenendo conto di questi risultati, non conosciamo altri sistemi per contare gli effettivi rimbalzi di contatto migliori dell'uso di un gruppo di contatori collegati in cascata così, come abbiamo fatto qui.

Passo 4

Giocate un po' con il filo non collegato del pin 14 del contatore 7490 n° 1. Mettelo in contato con fili a potenziale di massa. Provate una serie di diversi pin di terminali di massa. A volte potete osservare fino a 400 rimbalzi. Le persone nervose dovrebbero riuscire molto bene in questo compito.

Domande

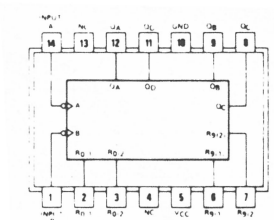
1. Spiegate che cosa è necessario per osservare un solo rimbalzo. SUGGERIMENTO: Un rimbalzo è in qualche modo in relazione con un impulso di clock.

2. Disegnate la forma d'onda digitale di cinque rapidi rimbalzi quando collegate a massa l'Ingresso di Clock A, cioè il pin 14 del 7490 contatore a decade n° 1. Riferitevi alla figura 4-3 per un esempio del significato di forma d'onda digitale.

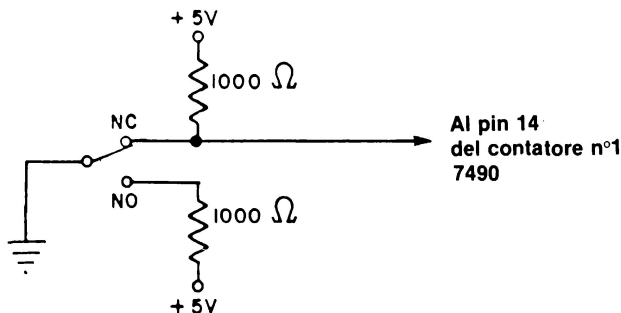
ESPERIMENTO N. 4

Scopo

Questo esperimento dimostra il fenomeno del rimbalzo di contatto in un pulser undebounced. Viene usato il circuito degli esperimenti 1, 2 e 3.

Configurazione dei pin del circuito integrato

7490

Schema del circuito

Vedere figura 4-4. La "sorgente di impulsi di clock" è un microswitch unipolare a doppio contatto (SPDT) chiamato anche "pulser" nel corso di questi esperimenti. Il circuito viene dato qui sotto (NC si riferisce alla posizione normalmente chiusa del microswitch e NO si riferisce alla posizione normalmente aperta).

Nota: Uno switch SPDT può essere simulato dall'uso di un semplice filo collegato a massa a un capo, e commutato fra le posizioni NC e NO all'altro capo. Fate così se non avete uno switch SPDT.

Passo 1

Studiate lo schema dato qui sopra. I due resistori da 1 kΩ collegati alle uscite dello switch SPDT NO e NC sono detti *resistori pull-up.* Questi resistori danno la certezza che le rispettive uscite sono a +5 V quando non sono collegate a massa.

Con la alimentazione staccata dal breadboard SK-10, collegate lo switch SPDT come indicato nello schema.

Passo 2

Alimentate il breadboard. I quattro contatori a LED a sette segmenti presenteranno una lettura di 0000. Se così non fosse, staccate e poi ricollegate l'alimentazione al breadboard. A volte è capitato che la prima lettura fosse 8000. L'abbiamo riportata a 0000 ricollegando l'alimentazione.

Premete il tasto del generatore d'impulsi e non rilasciatelo. Non dovreste osservare alcun cambiamento. Se invece il cambiamento avviene, avete collegato erroneamente il pin 14 del contatore 7490 all'uscita NO del microswitch. Fate il cambiamento necessario sul circuito e ridate l'alimentazione al breadboard.

Rilasciate il microswitch e spiegate che cosa succede nello spazio che segue.

Passo 3

Con il microswitch del nostro generatore d'impulsi, il display visualizzò da 0000 a 0010, il che vuol dire che il nostro microswitch rimbalzò dieci volte, producendo così dieci impulsi di clock all'ingresso del contatore 7490 n° 1.

Può darsi che il vostro microswitch rimbalzi sia quando premete il pulser che quando lo rilasciate. Questo non è una tragedia e nemmeno un fatto inconsueto. i microswitch di diversa fabbricazione variano per quel che riguarda le loro "proprietà di rimbalzo". Ciò che è importante è che uno switch meccanico, come il microswitch SPDT, rimbalzi.

Passo 4

Premete e rilasciate il tasto del generatore d'impulsi dieci volte e registrate le vostre osservazioni. Cominciate il conteggio da 0000 scollegando e ricollegando l'alimentazione al breadboard. Scrivete le vostre risposte nello spazio che segue.

	Premuto	*Rilasciato*
Inizio	0000	----
Primo		
Secondo		
Terzo		
Quarto		
Quinto		
Sesto		
Settimo		
Ottavo		
Nono		
Decimo		

Noi abbiamo eseguito un esperimento uguale e abbiamo riportato i seguenti risultati:

	Premuto	*Rilasciato*
Inizio	0000	----
Primo	0000	0010
Secondo	0010	0019

Terzo	0019	0026
Quarto	0026	0040
Quinto	0040	0057
Sesto	0057	0067
Settimo	0067	0075
Ottavo	0075	0090
Nono	0090	0105
Decimo	0105	0113

In conclusione, il nostro microswitch rimbalza circa 10 volte per ogni rilascio. Mentre sembra che non rimbalzi affatto quando lo premiamo.

Domande

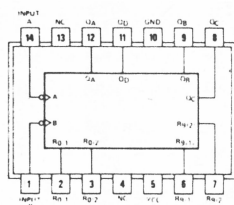
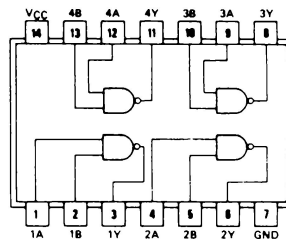
1. È normale per noi dire che un pulser o microswitch è "undebounced". Che cosa vuol dire secondo voi il termine "undebounced"? Cercate di arrivare alla risposta attraverso il ragionamento.

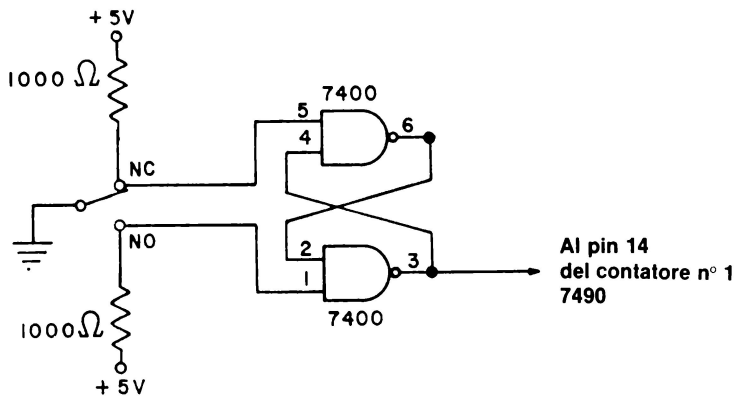
2. Quali altri tipi di switch meccanici esistono? Pensate che questi switch presentino rimbalzi di contatto quando vengono premuti e rilasciati o quando vengono commutati da una posizione ad un'altra? Che cosa è uno switch al mercurio, e come si comporta?

ESPERIMENTO N. 5

Scopo

Questo esperimento dimostra come si può eliminare il rimbalzo in switch SPDT. Il significato di questa operazione sarà chiaro una volta eseguito questo esperimento. Il circuito di questo esperimento è simile a quello dell'Esperimento N. 4. Oltre a quanto indicato per l'Esperimento N. 4, saranno necessari soltanto un paio di 2-input positive NAND gate 7400.

Configurazioni dei pin dei circuiti integrati

Schema del circuito

Vedere la figura 4-4. La "sorgente di impulsi di clock" è illustrata qui sotto; è composta dal microswitch SPDT del precedente esperimento più un paio di 7400 2-input NAND gate collegati come indicato nella figura seguente.

Passo 1

Senza alimentazione, collegate il circuito dello schema. I due 7400 2-input NAND gate sono i componenti da aggiungere per eliminare il fenomeno del rimbalzo.

Passo 2

Alimentate il breadboard. I readout dei quattro LED daranno una lettura di 0000. Premete il microswitch del pulser ma non rilasciatelo. Non dovreste osservare alcun cambiamento, cioè il readout dei LED dovrebbe essere ancora a 0000. Se il cambiamento c'è, annotatene la lettura nello spazio che segue. Ora, rilasciate il microswitch del pulser. Quale cambiamento potete osservare nei readout dei LED? Scrivete la vostra risposta qui sotto.

Se l'esperimento è stato eseguito bene dovreste avere una lettura di 0001, non appena il microswitch SPDT viene in contatto con l'altro terminale.

Passo 3

Premete e rilasciate il tasto del pulser ripetutamente. Fatelo 10 volte e scrivete i risultati osservati sui LED qui di seguito.

	Premuto	*Rilasciato*
Inizio	0000	----
Primo		
Secondo		
Terzo		
Quarto		
Quinto		
Sesto		
Settimo		
Ottavo		
Nono		
Decimo		

Anche noi (naturalmente) abbiamo eseguito questo esperimento e i nostri risultati sono stati:

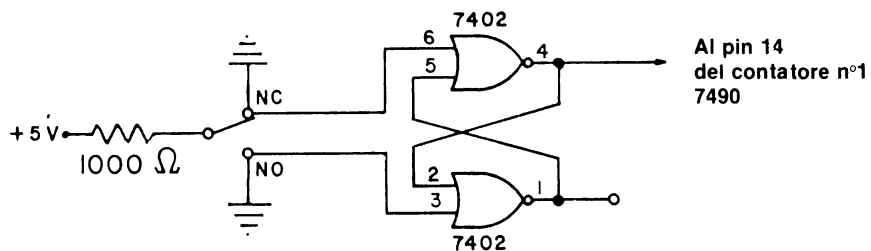
	Premuto	*Rilasciato*
Inizio	0000	----
Primo	0000	0001
Secondo	0001	0002
Terzo	0002	0003
Quarto	0003	0004
Quinto	0004	0005
Sesto	0005	0006
Settimo	0006	0007
Ottavo	0007	0008
Nono	0008	0009
Decimo	0009	0010

Pertanto, premendo e rilasciando il tasto del microswitch del pulser contiamo soltanto fino a 10 decimale. Il contatore cambia una sola volta ogni volta che premiamo e rilasciamo il pulser. NON RIMBALZA! Chiamiamo questo pulser un pulser "debounced". Questo pulser dà un *solo* impulso di clock quando viene premuto e rilasciato.

Come funziona questo pulser "debounced"? La spiegazione è immediata ma leggermente involuta. La lasceremo per la sezione delle domande. Meritate un "voto" speciale se spiegate perchè i due 7400 2-input NAND gate collegati nel modo indicato dallo schema di questo esperimento, funzionano come un circuito "debounced". Buona fortuna.

Domande

1. Spiegate, molto dettagliatamente, perchè i due 7400 2-input NAND gate riescono a eliminare il rimbalzo nel microswitch SPDT usato in questo esperimento.

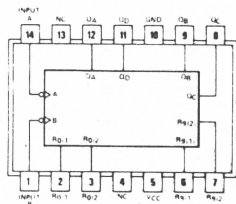
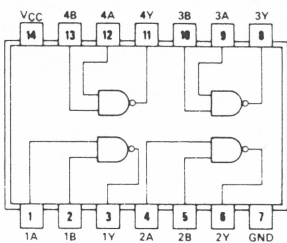
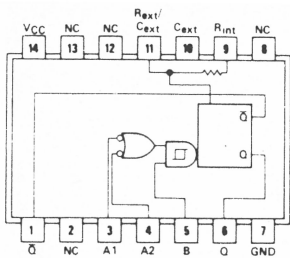
2. Il circuito della figura che segue, può eliminare il rimbalzo in un microswitch SPDT? Se la risposta è si, spiegate, in tutti i particolari, come funziona questo circuito

ESPERIMENTO N. 6

Scopo

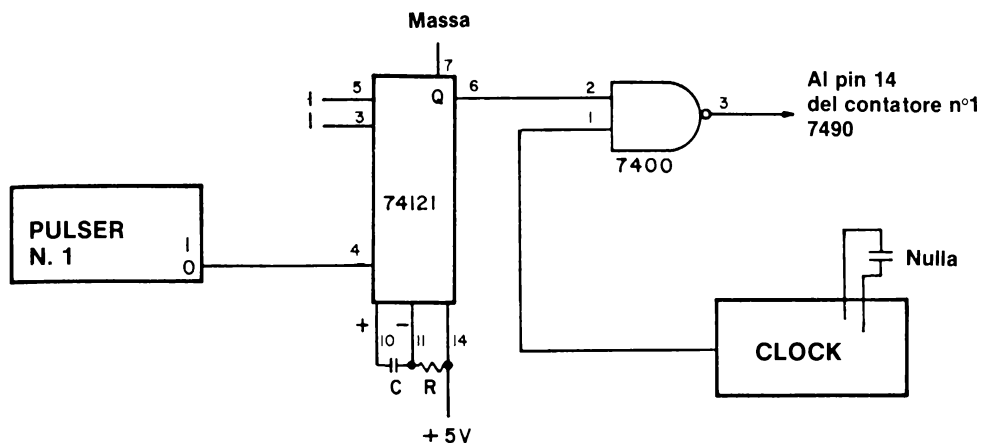
Questo esperimento "speciale" dimostra come un multivibratore, monostabile 74121 produce impulsi di gating di ampiezza esattamente conosciuta. Consideriamo questo esperimento "speciale" perchè non abbiamo ancora trattato il chip 74121.

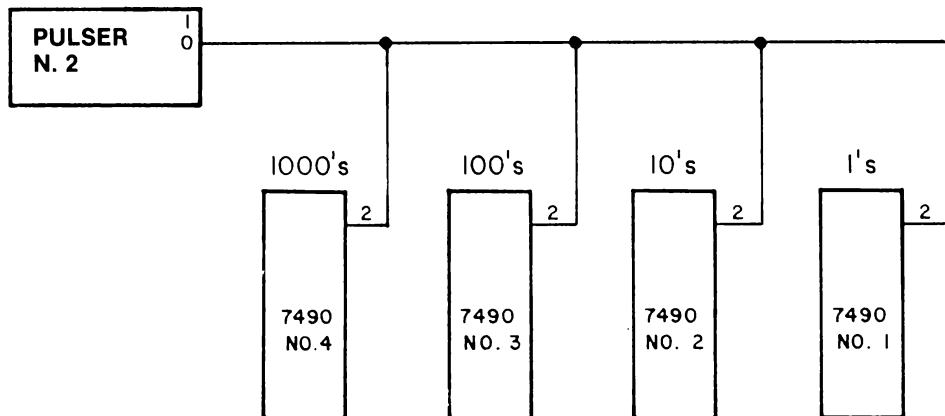
Note e suggerimenti

- Può darsi che siano necessari due breadboard per questo esperimento. Se ne usate due, non dimenticate di collegare i terminali a +5 V e a massa fra i due breadboard.
- Non è necessario che comprendiate il funzionamento del multivibratore monostabile per realizzare questo esperimento. Le proprietà del chip 74121 diverranno evidenti durante l'esperimento.

Configurazioni dei pin dei circuiti integrati

7490

7400

74121

Schema del circuito

Vedere figura 4-4. La "sorgente" di impulsi di clock è l'uscita al pin 6 del multivibratore monostabile 74121. Lo schema dei collegamenti è il seguente:

Notate che in questo circuito usiamo il multivibratore monostabile per effettuare il "gate" di un ingresso di clock nel pin 14 del contatore decimale 7490 n° 1.

Per semplificare le misurazioni che farete nell'esperimento, vi consigliamo di collegare il pin 2 di tutti e quattro i chip 7490 all'uscita "0" di un pulser invece che a massa, come nella figura 4-4. In questo modo potrete riportare i quattro chip dei contatori a 0000. Il circuito è il seguente:

Passo 1

Questo esperimento è molto simile all'Esperimento N. 2 di questo Capitolo. *Vi consigliamo di usare gli stessi condensatori usati per quell'esperimento.*

Sarà necessario che regoliate la frequenza dell'Outboard Clock LR-5® a non di più di 5 kHz o 5000 conteggi/secondo. Secondo le nostre misurazioni nel Passo 8, Esperimento N. 8 Capitolo 1, calcoliamo che un condensatore di timing da 200 pF da una frequenza di clock di circa 3000 conteggi/secondo (un condensatore di timing da 100 pF dà una frequenza di 5,5 kHz e un condensatore di timing da 500 pF dà una frequenza di 1,3 kHz). Quando noi eseguimmo l'esperimento che descriveremo, la nostra frequenza di clock era di 4,46 kHz, o 4460 conteggi/secondo.

Passo 2

Collegate il circuito indicato nello schema. Non alimentate il breadboard fino a che il circuito non sia stato controllato completamente. Per il chip 74121 consigliamo valori di resistenza e capacità di

$$R = 30.000\ \Omega = 30\ k\Omega$$

$C = 50\ \mu F$ (condensatore elettrolitico)

Attenti alla "polarità" del condensatore elettrolitico; il collegamento a polarità positiva (deve essere fatto al pin 11 del chip 74121 (altrimenti) potreste danneggiare il condensatore). Se non disponete di un condensatore da 50 microfarad, usate il condensatore di valore più alto di cui potete disporre. Possono andar bene anche valori di 10 o 20 microfarad.

Collegate il pin 2 di ognuno dei quattro chip 7490 all'uscita "0" di un pulser. Questo vi permetterà di azzerare i quattro contatori alla fine di ogni esperimento.

Passo 3

Alimentate il breadboard. Se avete collegato il circuito correttamente, osserverete nella maggior parte dei casi un readout sui quattro LED a sette segmenti di 0000. Connotate i vostri pulser con un pezzo di nastro adesivo: il pulser n° 1 deve essere collegato al pin 4 del chip 74121 mentre il pulser n° 2 deve essere collegato al pin 2 di ogni chip 7490. Azzerate i display, premendo e rilasciando il pulser n° 2. Premete e rilasciate anche il pulser n° 1. Che numero osservate sui quattro readout dei LED. Nel nostro caso il risultato fu di 8842. Appena rilasciammo il pulser n° 1 il contatore incominciò a contare molto rapidamente. Dopo aver contato per circa due secondi si fermò a 8842.

Passo 4

Ripetete l'esperimento. Azzerate i display con il pulser n° 2. Poi premete e rilasciate ancora una volta il pulser n° 1. Che numero osservate adesso sui readout dei quattro LED?

Nel nostro caso ci fù lo stesso rapido conteggio; si fermò, dopo circa due secondi, a 8831.

Passo 5

Eseguite il suddetto esperimento per venti volte. Premete e rilasciate il pulser n° 2 per azzerare i quattro contatori. Poi premete e rilasciate il pulser n°1 per ottenere un conteggio nell'ordine delle migliaia. Ripetete questo processo di premere e rilasciare il pulser n° 2 e quindi il pulser n° 1 per un totale di venti volte. Scrivete nello spazio che segue i conteggi osservati in tutti i venti esperimenti.

Quando noi eseguimmo questo esperimento osservammo i seguenti conteggi:

8842
8831
8822
8818
8801
8806
8804
8796
8810
8802
8796
8805
8782
8806
8798
8804
8794

8800
8792
8796
8810
8801

Se escludiamo le prime quattro letture, osserviamo un numero totale di conteggio di 8800 + 10 con un punto (8782) un po' fuori norma. Se teniamo conto del fatto che la nostra frequenza di clock era di 4462 conteggi/secondo, possiamo calcolare che il nostro impulso dal multivibratore monostabile 74121 è lungo:

$$\frac{8800 \text{ conteggi}}{4462 \text{ conteggi/secondo}} = 1{,}972 \text{ secondi}$$

In altre parole, il multivibratore monostabile 74121, produce un segnale di gating lungo 1,972 secondi che fa passare 8800 conteggi da un clock da 4,462 kHz a quattro contatori decimali 7490 collegati in cascata. Il punto importante è il fatto che *possiamo usare il multivibratore monostabile 74121 come sorgente di segnali di gating abbastanza precisi.*

Passo 6

Calcolate la lunghezza del segnale di gating del vostro esperimento facendo la media della maggior parte delle venti sequenze sperimentali del Passo 5, dividendo per la frequenza del vostro clock. Esponete i vostri calcoli e la vostra risposta nello spazio che segue.

Passo 7

Adesso cambiate il condensatore collegato al pin 10 e 11 del chip 74121. Usate un condensatore di Mylar o di mica al posto del condensatore elettrolitico. Scegliete un valore di capacità inferiore a un massimo di 10 microfarad, un valore consigliato dai fabbricanti del chip. Nei suddetti esperimenti noi abbiamo usato un condensatore elettrolitico da 50 μF semplicemente, per prolungare il tempo di conteggio; dopo un notevole numero di sperimentazioni, abbiamo potuto constatare che la capacità del condensatore da 50 microfarad era cambiato in maniera considerevole.

Il primo dei nuovi condensatori da usare dovrebbe essere di circa 1,5 μF. Potrà andar bene qualsiasi condensatore con un valore di capacità fra 0,5 e 2 μF. Sostituite il condensatore elettrolitico da 50 μF (o del valore che avete scelto) con un condensatore di Mylar di valore adeguato. Azzerate i contatori con il pulser n° 2 e poi premete il pulser n° 1. Quali conteggi osservate sui readout dei LED?

Nel nostro caso il risultato fu di 0154 con un condensatore da 1,5 μF.

Passo 8

Azzerate i contatori e premete ancora il pulser n° 1. Che conteggio osservate questa volta?

Noi ottenemmo lo stesso risultato; un conteggio di 0154.

Passo 9

Ripetete il procedimento di azzeramento dei contatori con il pulser n° 2 e di attivazione del multivibratore monostabile con il pulser n° 1 e quindi elencate i conteggi osservati per 15/20 sequenze sperimentali. Scrivete le vostre risposte nello spazio che segue.

Nel nostro esperimento ottenemmo un conteggio di 0154 19 volte e un conteggio di 0153 una sola volta. Se consideriamo che la nostra frequenza di clock era di 4,462 kHz, allora calcoliamo che l'ampiezza dell'impulso è

$$\frac{\text{154 conteggi}}{\text{4462 conteggi/secondo}} = \text{ampiezza d'impulso 0,0345 s}$$

Calcolate l'ampiezza d'impulso che avete osservato voi, nello spazio che segue:

Passo 10

Provate ora con un terzo condensatore, per esempio, da 0,1 μF. Senza alimentazione, sostituite il condensatore da 1,5 μF (o quello da voi usato) con il condensatore da 0,1 μF (un valore che dovete decisamente avere nella vostra collezione). Ridate alimentazione, assicuratevi che i quattro contatori siano azzerati e quindi premete il pulser n° 1. Qual'è il conteggio che osservate adesso?

Per parte nostra ottenemmo uno 0011 quando impiegammo il condensatore da 0,1 μF.

Passo 11

Ripetete il Passo 10 venti volte e scrivete i conteggi osservati nello spazio che segue.

Noi osservammo 15 conteggi da 0011 e cinque da 0012. In conclusione, il nostro clock non conta abbastanza in fretta. Abbiamo bisogno di un clock che abbia una frequenza intorno ai 100 kHz per poter eseguire questo esperimento in modo molto dettagliato. Ciononostante, se facciamo la media sulle nostre venti sequenze, otteniamo un valore approssimativo di conteggio di 11,25 e possiamo calcolare un'ampiezza di impulso dal multivibratore monostabile di

$$\frac{11{,}25 \text{ conteggi}}{4462 \text{ conteggi/secondo}} = \text{ampiezza d'impulso di } 0{,}00252 \text{ s.}$$

Calcolate l'ampiezza d'impulso che osservate con il vostro condensatore da 0,1 μF nello spazio che segue

Passo 12

Secondo il fabbricante del chip 74121 l'ampiezza d'impulso per più di sei decadi di capacità di timing (10 pF/10 μF) è più di una decade di resistenza di timing (2kΩ/40 kΩ) è data dalla seguente uguaglianza:

$$t_{\text{ampiezza d'impulso}} = R_T C_T \, ln\, 2 \qquad \text{(in secondi)}$$

dove

$t_{\text{ampiezza d'impulso}}$ = ampiezza d'impulso, in secondi

R_T = resistenza di timing, in ohm

C_T = capacità di timing, in farad

*ln*2 = logaritmo naturale di 2 o 0,69315

Per l'esperimento fatto da noi, abbiamo calcolato un'ampiezza d'impulso di 0,00208 secondi per una capacità di timing di 0,1 μF e una resistenza di timing di 30 kΩ e un'ampiezza d'impulso di 0,0312 secondi per una capacità di timing di 1,5 μF e una resistenza di timing di 30 kΩ. Questi calcoli si accordano bene con il risultato sperimentale di 0,00252 secondi e 0,0345 secondi che sono stati effettivamente osservati.

Nello spazio che segue, usate la suddetta equazione per calcolare i valori predetti delle vostre ampiezze d'impulso. In che misura i calcoli si accordano con l'esperimento di ogni caso?

Domande

1. Sulla base delle vostre osservazioni sperimentali, spiegate che cosa intendiamo con "multivibratore monostabile". Che cosa fa? Se possibile date la vostra risposta in termini di forma d'onda digitale.

2. Secondo il fabbricante del multivibratore monostabile 74121, la lunghezza dell'impulso d'uscita può arrivare a un minimo di 40 secondi. Che cosa è un nano secondo? Quanti nanosecondi ci sono in un microsecondo? In un millisecondo? In un secondo?

3. Calcolate l'ampiezza d'impulso prevista per $R_T = 2000\Omega$ e $C_T = 500$ pF

4. Calcolate l'ampiezza d'impulso prevista per $R_T = 30.000\Omega$ e $C_T = 0{,}01\ \mu F$

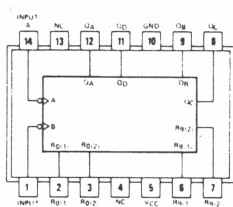
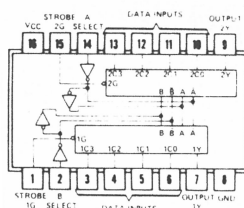
ESPERIMENTO N. 7

Scopo

Questo secondo esperimento "speciale" dimostra come un 74153 data selector multiplexer può essere usato per effettuare il multiplexer delle uscite ABCD di quattro contatori decimali 7490 collegati in cascata in un solo display a LED a sette segmenti.

Note e suggerimenti

- Questo esperimento richiede un notevole numero di collegamenti e questa è la ragione per cui è considerato speciale. Sono necessari due breadboard.
- Questo esperimento è simile all'Esperimento N. 2 di questo Capitolo.

Configurazioni dei pin dei circuiti integrati

7490

74153

Schema del circuito

Per ridurre la complessità dello schema del circuito, vengono dati tre schemi diversi:

- Uno schema per i quattro contatori 7490 collegati in cascata (figura 4-6)

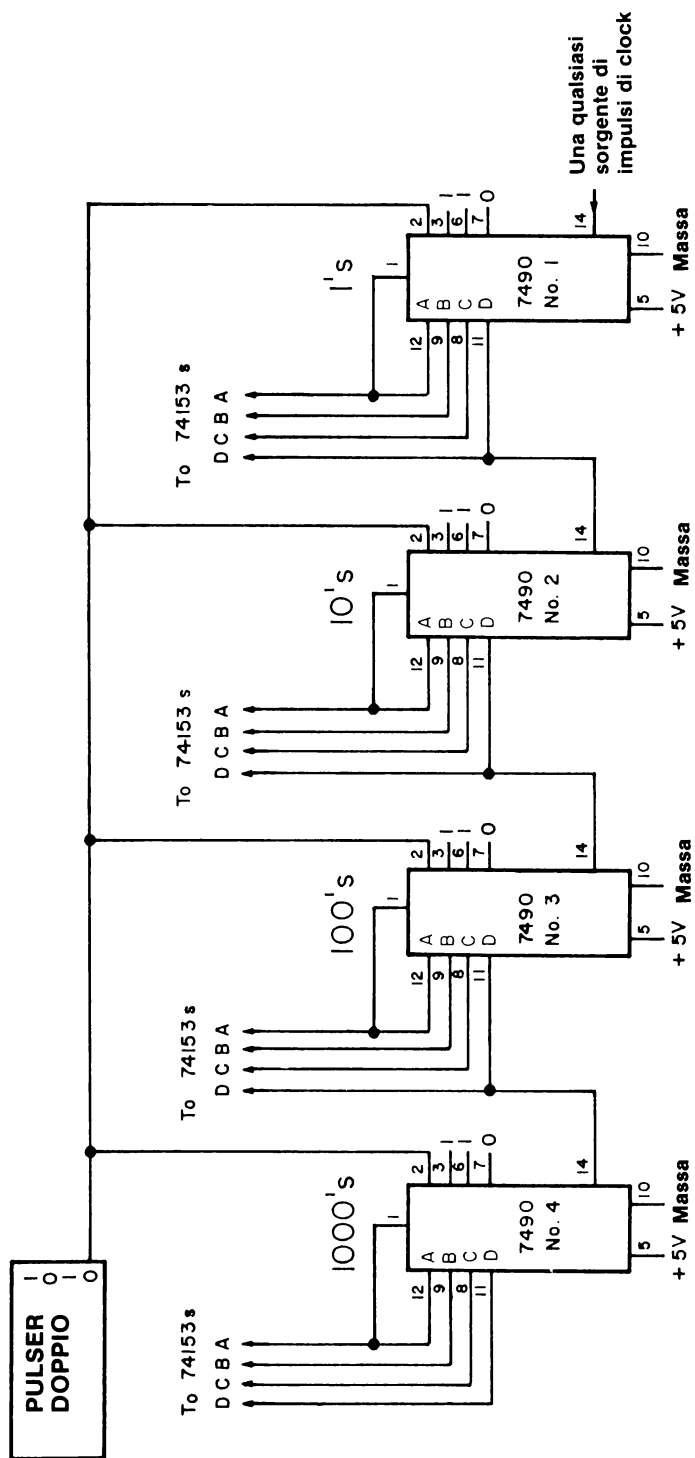



Figura 4-6. Schema per l'Esperimento N. 7. Sono raffigurati i particolari dei collegamenti dei chip 7490. Vedere figura 4-7.

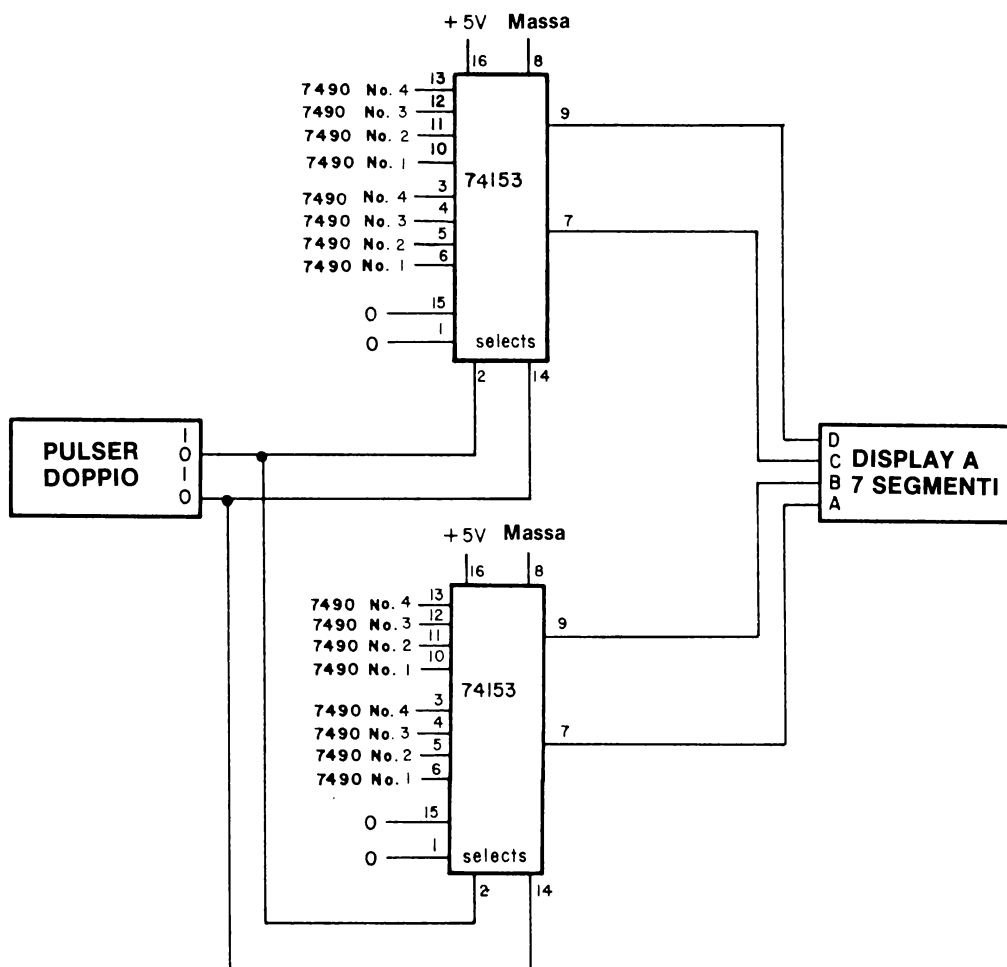
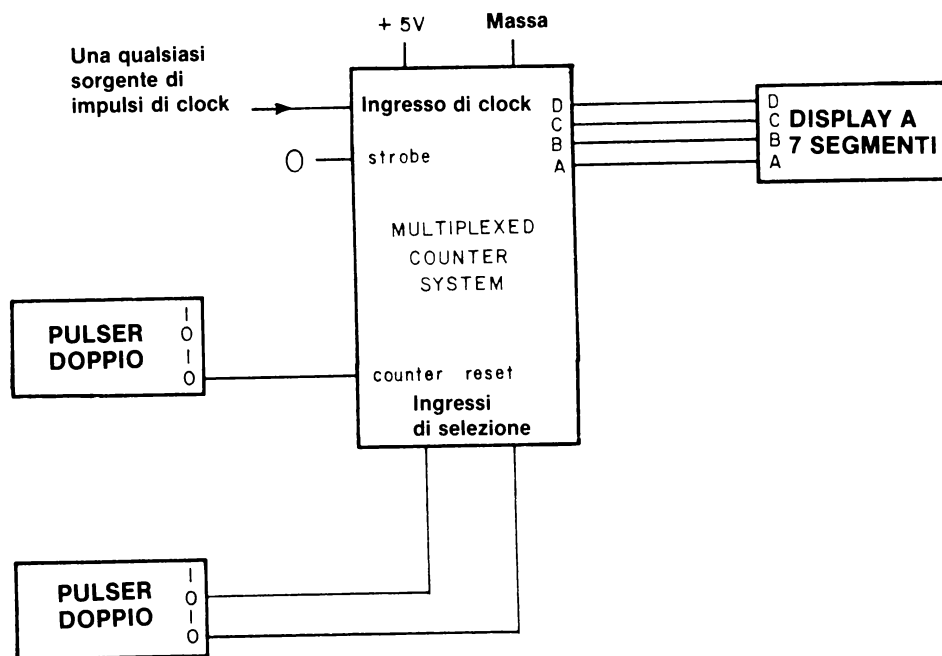



Figura 4-7. Schema per l'Esperimento N. 7. Sono illustrati i particolari dei collegamenti dei due chip multiplexer 74153. Vedete figura 4-6.

- Uno schema dei collegamenti fra i quattro contatori 7490 e i due chip 74153 data selector/multiplexer (figura 4-7).

- *Uno schema del circuito ingressi/uscite* delle figure 4-6 e 4-7 combinate fra loro. Nello schema disegnato qui di seguito rappresentiamo soltanto i collegamenti degli ingressi e delle uscite e non i molti collegamenti fra i quattro contatori e i due multiplexer. Questo tipo di schema sta assumendo un'importanza sempre maggiore, poichè indica il modo in cui può essere fabbricato un chip di circuito integrato più complesso. Notate che nello schema abbiamo soltanto undici collegamenti; un circuito così, supposto che possa essere fabbricato con le sofisticate tecniche dei semiconduttori attualmente disponibili, può stare in un unico chip da 14 pin. Questo sistema è chiamato *counter/multiplexer system.*

Passo 1

Senza alimentatore, eseguite i collegamenti delle figure 4-6 e 4-7. Probabilmente non ce la farete ad evitare una giungla di fili questa volta. Aiutatevi con pinze in alcuni di questi collegamenti. Siete liberi di sistemare i pulser e il display a LED a sette segmenti in qualsiasi punto delle due piastre di breadboarding.

Passo 2

Ora vi serve una "sorgente di impulsi di clock". Potrebbe andarvi bene una qualunque, ma noi vi consigliamo il circuito di clock gate dell'Esperimento N. 2 di questo Capitolo. Senza alimentazione, aggiungete questo semplice circuito al vostro sistema di breadboarding.

Passo 3

Regolate la frequenza dell'Outboard Clock LR-5® per mezzo di un condensatore da 0,1 μF, che dovrebbe portare la frequenza di clock a circa sei conteggi/secondo. Inserite l'alimentazione e premete il pulser di reset (il pulser di reset applica uno stato logico 1 al pin 2 dei quattro chip 7490 collegati in cascata, riportando quindi i quattro contatori a 0000). Rilasciate il pulser di reset e osservate il display a LED a sette segmenti mentre esegue un conteggio ad una velocità di circa sei conteggi/secondo.

Passo 4

Riponete allo stato logico 1 due pin d'ingresso 14 dei due chip 74153 data selector/multiplexer. Dovreste ora osservare un conteggio a velocità molto più bassa, circa sei conteggi ogni dieci secondi. Se avete eseguito correttamente questo esperimento, dovreste poter vedere l'uscita dal contatore 7490 n° 2 finchè continuate a premere uno solo dei doppi pulser, il pulser al pin 14 del chip 74153.

Passo 5

Si può selezionare uno qualsiasi dei quattro contatori decimali 7490 applicando gli stati logici appropriati agli ingressi di selezione dei pin 2 e 14 dei chip 74153. Diamo qui di seguito una tabella della verità semplice:

	Impulsi di Selezione	
	pin 2	*pin 14*
7490 Contatore n. 1 fino a 1	0	0
7490 Contatore n. 2 fino a 10	0	1
7490 Contatore n. 3 fino a 100	1	0
7490 Contatore n. 4 fino a 1000	1	1

Pertanto, se lasciate stare i doppi pulser, selezionate automaticamente il contatore n. 1 in quanto le uscite del pulser applicano stati logici 0 ai pin 2 e 14. Se invece premete entrambi i pulser, selezionate il contatore 7490 n° 4 (contatore a 1000). In questo modo potete evitare di comprare quattro indicatori a LED a sette segmenti; ne bastano due, sempre che abbiate a disposizione due chip 74153.

Selezionate il contatore 7490 n° 3 e determinatene la velocità di conteggio.
Scrivete la vostra risposta nello spazio che segue.

Se questo esperimento è stato eseguito correttamente dovrete osservare circa sei conteggi ogni 100 secondi o circa quattro conteggi al minuto.

Passo 6

Scegliete il contatore 7490 n° 4 e determinatene la velocità di conteggio. Dovrete attendere almeno due minuti prima di osservare il passaggio da 0 a 1. Ricordatevi di riportare il contatore a quattro decadi a 0000 premendo il pulser di azzeramento prima di iniziare gli esperimenti. Scrivete nello spazio che segue le velocità di conteggio che avete osservato.

Passo 7

Fate alcune prove con il circuito cambiando il valore del condensatore dell'Outboard Clock LR-5®. Con i condensatori a basso valore vi converrà seguire i contatori n° 3 e 4 mentre con i condensatori a valore alto vi interesserà seguire i contatori n° 1 e 2, specialmente il n°1. È chiaro che l'uso di quattro display a LED a sette segmenti è molto più conveniente, comunque sarà sufficiente anche un solo display a LED. *Conservate il circuito per l'Esperimento N. 8.*

Domande

1. Spiegate in che modo i due 74153 data selector/multiplexer effettuano il "multiplexing" delle uscite dei quattro contatori decimali 7490. Siate esaurienti.

2. Che cosa succederebbe se gli ingressi di STROBE ai pin 1 e 15 dei chip 74153 fossero a stato logico 1? Vi converrà fare una prova mentre il contatore effettua un conteggio.

3. Ritenete che siano più appropriati due pulser o due switch logici per gli ingressi di selezione ai chip 74153? Potrebbe essere soltanto una questione di preferenza, però scrivete quello che pensate e perchè.

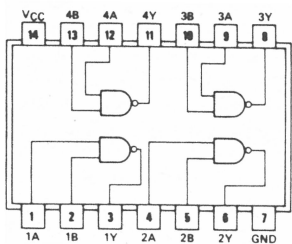
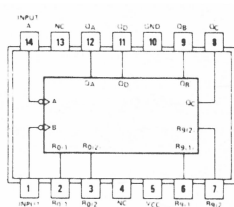
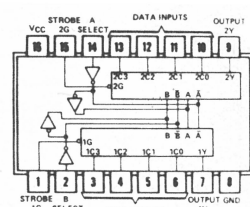
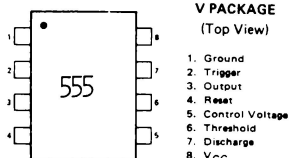
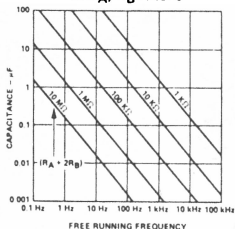
ESPERIMENTO N. 8

Scopo

Questo terzo esperimento “speciale” dimostra come un timer 555, il più piccolo chip di circuito integrato che vi capiterà di incontrare può essere collegato in modo da produrre un clock. Questo esperimento è “speciale” perchè finora non abbiamo ancora descritto le caratteristiche del Timer 555.

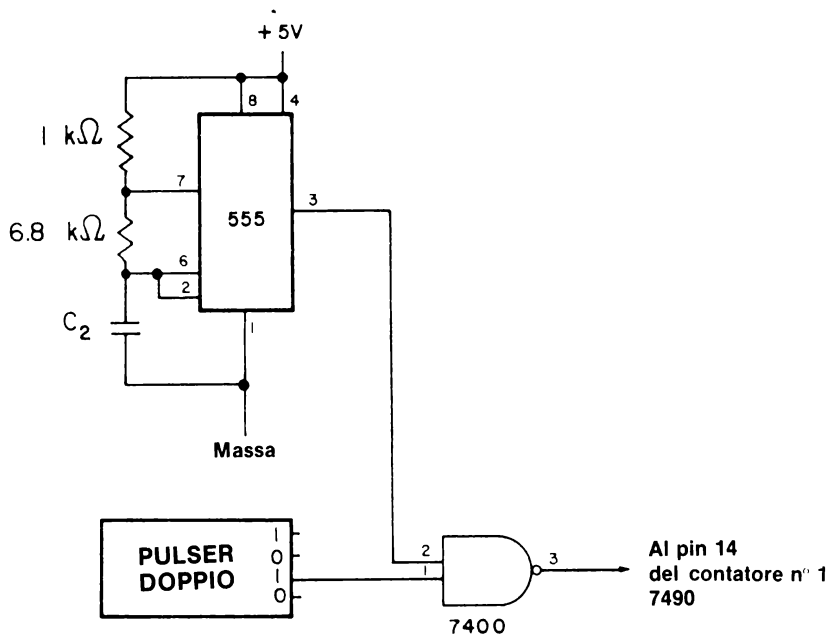
Note e suggerimenti

- Per questo esperimento ci vorranno due breadboard.
- È facile collegare con i fili il Timer 555. Non fatevi intimidire.
- Il Timer 555, collegato in maniera adeguata, diventa la “sorgente di impulsi di clock” del pin 14 del contatore 7490 n° 1.
- Questo esperimento è simile all'Esperimento N. 2 di questo Capitolo. Sarà interessante confrontare il comportamento del Timer 555 con quello del vostro Outboard Clock LR-5®.
- Vi consigliamo di usare il circuito di clock “gated” dell'Esperimento N. 7 di questo Capitolo per avviare e fermare il Timer 555.

Configurazioni dei pin dei circuiti integrati

7400

7490

74153

555 Timer information courtesy of SIGNETICS CORPORATION

Schema del circuito

Userete il circuito del contatore a multiplexer dell'Esperimento N. 7 anche per questo esperimento. Per i dettagli dei collegamenti riferitevi alle figure 4-6 e 4-7.

Come "sorgente di impulsi di clock" utilizzate il seguente circuito di Timer 555 "gated":

Passo 1

Con l'alimentazione staccata dai due breadboard, collegate il circuito del Timer 555 "gated" dello schema precedente e collegatelo al pin 14 del contatore 7490 n° 1. Il generatore di impulsi fa cessare il conteggio soltanto quando viene premuto. Probabilmente sarete rimasti senza pulser, a questo punto, e in questo caso potrete sostituirle con un paio di switch logici , i generatori di impulsi collegati ai Select/Input della figura 4-7.

Passo 2

Secondo il fabbricante del Timer 555, la frequenza di clock è data dalla seguente equazione:

$$\text{Frequenza di clock} = \frac{1,443}{(R_A + 2R_B)\ C} \text{ conteggi/secondo}$$

dove

R_A = 1000 Ω nello schema del circuito di questo esperimento

R_B = 6800 Ω nello schema del circuito di questo esperimento

C = capacità di timing, in Farad

Vi consigliamo l'uso di un condensatore piuttosto grande, come un condensatore da 1,5 μF Mylar®. Anche con l'uso di un simile condensatore la frequenza sarà piuttosto alta. La frequenza di clock è quindi:

$$\text{Frequenza di clock} = \frac{1,443}{(14,600)\ (1,5\text{x}10^{-6})} \text{ conteggi/secondo}$$

Passo 3

Collegate un condensatore da 1,5 μF fra il pin 6 del chip 555 e la massa. Alimentate il breadboard e selezionate il contatore 7490 n° 3. Riportate i quattro contatori 7490 a 0000, procuratevi un cronometro o un orologio con la lancetta dei secondi e determinate quanti conteggi ci sono in un minuto. Scegliete i contatori 7490 dal n°1 al n° 4 per la determinazione del conteggio finale. Ricordatevi però che *dovete fermare i quattro contatori per usare in modo corretto i chip multiplexer. Questa è la ragione per cui abbiamo un "gated 555 timer".* Scrivete i conteggi al minuto che osserverete nello spazio che segue.

Anche noi abbiamo eseguito questo esperimento e abbiamo osservato esattamente 3955 conteggi/minuto equivalenti a 65,92 conteggi/secondo. Secondo l'equazione data sopra per la frequenza di clock, avremo una frequenza di 65,89 conteggi al secondo. La coincidenza è straordinaria. Veramente questa coincidenza è fortuita dato che i condensatori e i resistori che usiamo non sono migliori di ±10%. O abbiamo scelto resistori e condensatori molto precisi o ci sono errori compensativi.

Passo 4

Secondo l'equazione data sopra dovreste osservare una frequenza di circa 15 volte superiore se usate un condensatore da 0,1 μF al posto del condensatore da 1,5 μF. La prevista frequenza è

$$\text{Frequenza di clock} = \frac{1{,}443}{(14{,}600)\ (0{,}1 \times 10^{-6})} \text{ conteggi/secondo}$$

$$= 988{,}4 \text{ conteggi/secondo}$$

Sostituite i condensatori nel Timer 555 e misurate la frequenza di clock di un condensatore da 0,1 μF. Scrivete la vostra risposta nello spazio che segue.

Abbiamo effettuato questo esperimento anche noi e abbiamo osservato 59,404 conteggi/minuto, o 990,1 conteggi/secondo. L'errore nei valori osservati è soltanto 0,17%! Quale errore avete osservato? Scrivetelo qui di seguito.

Passo 5

Manovrate il Timer 555 cambiando il valore del condensatore fra il pin 6 e la massa. Con condensatori a bassa capacità, la velocità di conteggio sarà probabilmente troppo veloce per il contatore a quattro decadi e pertanto sorge un problema: in che modo possiamo determinare frequenze molto veloci con un contatore a quattro decadi? La risposta a questa domanda richiede un multivibratore monostabile 74121 che impiegheremo nell'esperimento "speciale" finale di questo Capitolo. *Conservate il circuito perchè nell'Esperimento N. 9 metterete tutto quanto insieme; un contatore a quattro decadi, un Timer 555 "gated" e un 74121 gating input.*

Domande

1. Vi abbiamo dato un'equazione per il calcolo della frequenza di clock conoscendo R_A, R_B e C. Calcolate la prevista frequenza di clock di C = 0,05 μF, R_A=R_B= 4,7 MΩ. Questi valori simulano un vecchio modello dell'Outboard LR-5 che conteneva un Timer 555, e due resistori da 4,7 MΩ ±10% 1/4 watt. Nell'Esperimento N. 2 di questo Capitolo osservammo una frequenza di clock di 2,13 conteggi/secondo per un condensatore di 0,05 μF. Confrontate la frequenza che avete calcolato con quella osservata e calcolate l'errore percentuale fra le due. (NOTA: nel vostro Outboard Clock LR-5®, R_A, il resistore fra i pin 7 e 8, è uguale a 100 kΩ e R_B, il resistore fra i pin 6 e 7, è 1 MΩ).

ESPERIMENTO N. 9

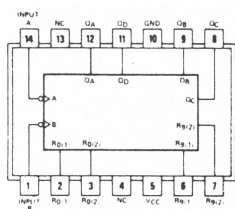
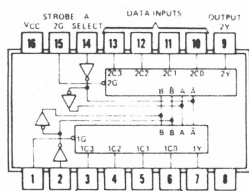
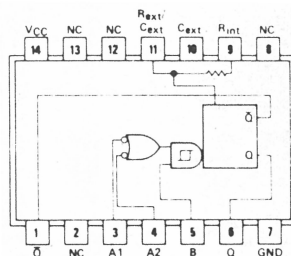
Scopo

Questo quarto e ultimo esperimento "speciale" determina in che modo un circuito di un contatore a quattro decadi multiplexed più un multivibratore monostabile 74121, possono essere utilizzati pei misurare una frequenza di clock veloce prodotta da un Timer 555.

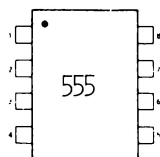
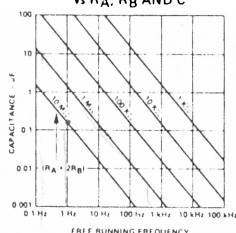
Note e suggerimenti

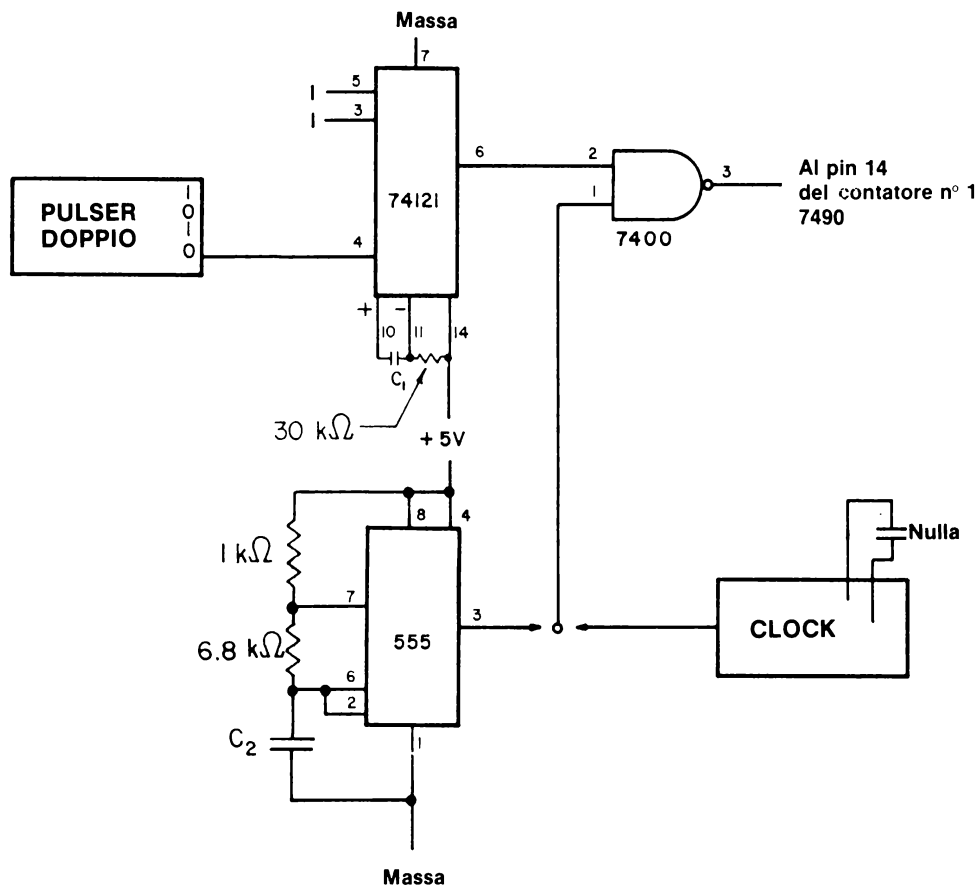
- Questo esperimento combina gli elementi di diversi altri esperimenti precedenti, fra questi, il multiplexed counter degli Esperimenti n. 7 e 8, il Timer 555 dell'Esperimento N. 8 e il multivibratore monostabile 74121 dell'Esperimento N. 6.

- Sono richiesti due breadboard per il collegamento di questo circuito. Non esitate a impiegare fili di collegamenti lunghi quando ciò è necessario.

Configurazioni dei pin dei circuiti integrati

7490

74153

74121

Schema del circuito

Vedere figure 4-6 e 4-7 e gli schemi degli Esperimenti N. 6, 7 e 8. Il circuito del Timer 555 è il seguente:

Passo 1

Collegate il circuito del "monostable-gated 555 Timer" qui rappresentato. Naturalmente vi sarete assicurati che l'alimentazione non sia collegata al breadboard.

Passo 2

Eseguite questo esperimento nel modo seguente:
(a) "calibrate" il multivibratore monostabile 74121 per mezzo di un Outboard Clock LR-5® la cui frequenza sia nota; (b) utilizzate il multivibratore monostabile 74121 "calibrato" per misurare la frequenza sconosciuta del Timer 555.

Collegate l'Outboard Clock LR-5® al pin 1 del 7400 2-input NAND gate che qui ha la funzione di gate del contatore a quattro decadi. Disponete la capacità di timing dell'Outboard Clock LR-5® fra 1 e 5 kHz.

Il multivibratore monostabile 74121 richiede sia un condensatore di timing sia un resistore di timing. Noi consigliamo un resistore di timing di 30 kΩ e una capacità di timing di circa 1,5 μF. Sono però ugualmente accettabili valori alternativi che diano un'ampiezza d'impulso molto lunga senza l'uso di un condensatore elettrolitico. Ricordatevi in ogni caso che non potete usare un resistore di timing superiore a 40 kΩ con il chip 74121.

Non appena regolato il timing del chip 74121, applicate alimentazione ai due breadboard e procedete al passo seguente.

Passo 3

Azzerate i quattro contatori 7490. Premete e rilasciate il pulser al pin 4 del chip 74121 e trascrivete qui sotto i conteggi riscontrati.

Azzerate nuovamente i contatori e premete e rilasciate il pulser che fornisce un trigger al multivibratore monostabile. Scrivete i conteggi riscontrati questa seconda volta nello spazio che segue.

Ripetete questo procedimento altre diciotto volte e calcolate un valore medio del numero di conteggi osservato. Scrivete la media nello spazio che segue.

Infine dividete il numero medio dei conteggi per la frequenza dell'Outboard Clock LR-5®,

Ampiezza dell'impulso =

Il risultato è l'ampiezza d'impulso della capacità e della resistenza di timing usate con il multivibratore monostabile 74121.

Passo 4

Vorremmo di nuovo mostrarvi alcuni campioni di calcolo che illustrino il procedimento del Passo 3. La frequenza del nostro Outboard Clock LR-5® è 4,462 kHz. Abbiamo utilizzato una resistenza di timing di 30 kΩ e un condensatore di timing di 1,5 μF con il multivibratore monostabile 74121.

Fornendo ripetutamente un trigger al chip 74121, abbiamo osservato una media di 0145 conteggi. Quindi, l'ampiezza d'impulso del segnale dal multivibratore monostabile è:

$$\text{Ampiezza d'impulso} = \frac{145 \text{ conteggi}}{4462 \text{ conteggi/secondo}}$$

$$= 0{,}0325 \text{ secondi}$$

Ora utilizzeremo questa ampiezza d'impulso esattamente nota per determinare una frequenza di clock sconosciuta del chip di IC Timer 555.

Passo 5

Collegate il pin 1 del 7400 2-input NAND gate al pin 3 del Timer 555.
Per la capacità di timing C_2, scegliete un valore di 0,005 μF. R_A è 1000 Ω e R_B è 6800 Ω. Azzerate i quattro contatori e fornite un trigger al monostabile fino a produrre un'ampiezza d'impulso uguale al valore misurato nel Passo 3. Scrivete nello spazio che segue il numero dei conteggi osservati.

Azzerate i contatori e fornite un trigger al monostabile ancora una volta. Scrivete il numero dei conteggi osservati. Questo valore dovrebbe essere molto vicino in grandezza al valore appena trovato più sopra.

Ripetete questo procedimento altre diciotto volte e calcolate il numero medio di conteggi osservati con questo circuito.

Partendo dalla conoscenza del numero di conteggi e dell'ampiezza d'impulso del segnale di gating, calcolate la frequenza sconosciuta del Timer 555:

Frequenza di clock =

Infine, confrontate questo valore misurato con un valore calcolato della frequenza di clock basata sui valori di R_A, R_B e C_2 che avete usato.

Frequenza di clock teorica =

Riferitevi al Passo 2 dell'Esperimento N. 8 per l'equazione per questo calcolo.

Passo 6

Quando noi eseguimmo l'esperimento descritto nel Passo 5, ottenemmo i seguenti risultati:

Numero medio di conteggi = 0690 conteggi

Resistenza di timing R_A = 1000 Ω ±10%

Resistenza di timing R_B = 6800 Ω ±10%

Capacità di timing C_2 = 0,005 μF ±10%

Ampiezza d'impulso dal multivibratore monostabile = 0,0325 secondi

Frequenza sconosciuta calcolata = 690 conteggi/0,0325 secondi = 21,23 kHz

Frequenza di clock teorica = 19,77 kHz

Errore = 5,06%

L'errore osservato rientra bene nella tolleranza dei componenti passivi (cioè i resistori e i condensatori) utilizzati.

Notate come la frequenza misurata, 21,23 kHz, è un bel po' più alta della frequenza che abbiamo usato con il nostro Outboard Clock LR-5®, 4,462 kHz.
Ora è possibile generare frequenze anche più alte con il Timer 555.

Passo 7

Sostituite il condensatore da 0,005 μF del Timer 555 con un condensatore da 0,001 μF e determinate di nuovo sperimentalmente il valore della frequenza di clock sconosciuta. Esponete le vostre misurazioni e i vostri calcoli nello spazio che segue.

Numero medio dei conteggi =

Frequenza di clock calcolata =

Frequenza di clock teoretica =

Errore =

Passo 8

Anche noi abbiamo eseguito l'esperimento descritto in Passo 7 e abbiamo ottenuto i seguenti risultati:

Numero medio dei conteggi = 2945 conteggi

Nuovo valore dell'ampiezza d'impulso = 0,0320 secondi
(il monostabile era leggermente cambiato)

Frequenza di clock calcolata = 92,0 kHz

Frequenza di clock teorica = 98,84 kHz

Errore = 7,4%

Ancora una volta questo errore rientra nella tolleranza dei componenti passivi impiegati. Una frequenza di 92,0 kHz è equivalente a 92.000 conteggi/secondo, eppure siamo riusciti a calcolare questa frequenza nello spazio di minuti con l'uso del monostable-gated counter circuit! In generale, un contatore a quattro decadi è tutto ciò che serve per misurare la maggior parte delle quantità fisiche con una precisione migliore di 0,1%. Un limite massimo sicuro per il Timer 555 è 200 kHz.

Domande

1. La base di tutte le misurazioni eseguite in questo Capitolo è il conteggio. Con l'ausilio di un cronometro o di un orologio siete stati in grado di determinare frequenze di clock. Con la conoscenza di tali frequenze avete potuto misurare ampiezze d'impulso di un multivibratore monostabile 74121. Infine, con la conoscenza esatta di un'ampiezza d'impulso intorno ai 30 millisecondi avete potuto misurare la frequenza di un clock molto veloce. Gli errori nelle misurazioni erano entro i limiti delle tolleranze dei componenti passivi impiegati. Ora la domanda: elencate di seguito il maggior numero possibile di utilizzazioni della capacità di effettuare conteggi e misurazioni sviluppati in questo Capitolo. Che cosa vi piacerebbe contare o temporizzare?

2. Suggerite uno o più modi di misurare la velocità di un oggetto che viaggia su una distanza di circa un metro. Usate tecniche di conteggio digitale per questa misurazione.

3. Chiamiamo la quantità RC "costante di tempo", dal momento che è misurata in secondi quando la resistenza R è in ohm e la capacità C è in Farad. Che cosa intendiamo con il termine "costante di tempo"? Questa è una risposta che richiede una certa conoscenza di teoria dei circuiti elettrici semplici.

TEST

Questo test dimostra quanto avete appreso dei concetti di elettronica digitale descritti in questo Capitolo. Scrivete le vostre risposte su un foglio di carta a parte.

1. Definite il termine "forma d'onda digitale" e datene un esempio.

2. Con parole vostre, descrivete la differenza fra i seguenti gruppi di termini:

   - Impulso di clock positivo e impulso di clock negativo
   - Passaggio di fronte positivo e passaggio di fronte negativo
   - Fronte positivo e fronte negativo
   - Fronte positivo e fronte iniziale
   - Fronte positivo e fronte finale
   - Fronte positivo e fronte iniziale positivo
   - Fronte negativo e fronte finale negativo
   - Fronte iniziale positivo e fronte finale negativo
   - Fronte finale negativo e fronte finale positivo
   - Fronte ascendente e fronte discendente
   - Fronte positivo e fronte ascendente
   - Fronte negativo e fronte discendente

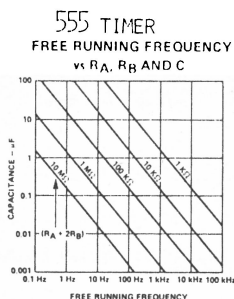
3. In parole vostre spiegate che cosa succede quando uno switch meccanico "rimbalza"

4. Scrivete la forma d'onda digitale di un Ingresso di Clock A e delle quattro uscite A, B, C e D di un contatore decimale 7490

5. Scrivete quattro sorgenti di impulsi di clock che possono essere misurate con un contatore a quattro decadi.

6. Scrivete due sorgenti di impulsi di gating che possono essere usate per effettuare il gate di un contatore a quattro decadi.

7. Suggerite almeno un gruppo di valori per R_A R_B e C che portino a una frequenza di 60 cicli/secondo (cioè, 60 conteggi/secondo) sul Timer 555.

8. Spiegate il significato del grafico del Timer 555 intitolato "Free running Frequency vs R_A, R_B e C" come appare nelle configurazioni dei pin dell'Esperimento N. 8.

Il vostro test sarà soddisfacente se potrete rispondere a tutte le domande correttamente durante una prova di due ore a libro chiuso. Tutti i concetti sono stati trattati in questo Capitolo.

COSA AVETE REALIZZATO CON QUESTO CAPITOLO?

Uno sguardo agli obiettivi

Abbiamo detto nell'Introduzione a questo Capitolo che alla fine sareste stati in grado di:

- Costruire e far funzionare un contatore a quattro decadi composto da quattro contatori 7490 collegati in cascata.

- Utilizzare un contatore a quattro decadi per misurare sia la frequenza che la capacità.

  Avete eseguito questa operazione nell'Esperimento N. 2.

- Contare rimbalzi di contatto mentre tentate di collegare un filo a massa.

  Nell'Esperimento N. 3 avete contato fino a diverse centinaia di rimbalzi mentre collegavate a massa il pin 14 del contatore 7490 n° 1.

- Contare i rimbalzi di contatto di un switch unipolare a doppio raggio (SPDT single-pole double-throw switch).

  Avete dimostrato questo fenomeno con l'Esperimento N. 4.

- Costruire un circuito che elimina rimbalzi di contatto in uno switch SPDT.

  Ci siete riusciti nell'Esperimento N. 5, nel corso del quale avete usato due 7400 2-input positive NAND gate.

- Utilizzare un Timer 555 come sorgente di impulsi di clock a frequenze fino a 100 kHz.

  Lo avete fatto nell'Esperimento N. 9.

- Utilizzare un multivibratore monostabile 74121 come sorgente di singoli impulsi di gating.

  Questo è stato fatto negli Esperimenti N. 6 e 9.

- Superare un test nel quale vi si chiede di descrivere la differenza fra diversi tipi di impulsi di clock e di passaggi di impulsi di clock.

  Questo vi è stato chiesto con la domanda n° 2 del test.

- Spiegare che cosa significa il termine "forma d'onda digitale" e darne un esempio.

  Era la domanda n° 1 del test.

CAPITOLO 5

DECODER, DEMULTIPLEXER, MULTIPLEXER E SEQUENCER

INTRODUZIONE

Un altro importante concetto in elettronica digitale è quello di un *codice digitale*. I codici digitali sono il linguaggio dei sistemi di elettronica digitale, senza il quale sarebbe difficile, se non impossibile, per un dispositivo comunicare con un altro. In questo Capitolo esamineremo la base dei codici digitali, descriveremo cinque o sei dei più importanti codici in uso attualmente e infine spiegheremo l'uso di circuiti integrati speciali, chiamati *decoder,* che convertono un codice in un altro. Abbiamo ritenuto opportuno trattare, insieme all'argomento dei decoder, anche gli argomenti dei *demultiplexer, multiplexer* e *sequencer.*
Gli esperimenti sono leggermente più avanzati di quelli dati nel Capitolo N. 3 ma meno complessi e difficili da collegare di quelli dati nel Capitolo N. 4.

OBIETTIVI

Al termine di questo Capitolo, sarete in grado di:

- Superare un test nel quale descriverete i cinque codici digitali più comunemente usati, cioè i *codici binario, ottale, esadecimale, decimale in codice binario e semi-ASCII.*

- Superare un test nel quale descriverete la differenza fra i seguenti tipi di dispositivi:

  Multiplexer
  Demultiplexer
  Sequencer
  Sequencer programmabile
  Decoder

- Superare un test nel quale spiegherete la differenza fra un *decoder* e un *decoder/driver*.

- Costruire decoder dai chip di circuito integrato 7442, 74154 e 74155.

- Costruire sequencer e sequencer programmabili dai 7442 e 74154, utilizzando rispettivamente i contatori 7490 e 7493.

- Costruire demultiplexer dai chip 7442, 74154 e 74155.

- Costruire multiplexer dai chip 74150 e 74153.

DEFINIZIONI

Alfanumerico (Alphanumeric)	Riferito a un gruppo di caratteri contenenti sia numeri che lettere e di norma anche altri caratteri.(1)
BCD eccesso-3 (Excess-three BCD)	Excess-three binary-coded decimal. Riferito a un codice basato sull'aggiunta di tre a una cifra decimale quindi sulla conversione del risultato direttamente in forma binaria. L'uso di questo codice semplifica, l'esecuzione di certe operazioni matematiche in un computer binario che deve elaborare numeri decimali.(1)
Bit	Abbreviazione di "binary digit", cifra binaria. Una quantità d'informazione uguale a una decisione binaria, o la designazione di uno di due possibili e egualmente probabili valori o stati (come 0 o 1) di qualsiasi cosa usata per immagazzinare o convogliare informazioni. Può anche significare "si" o "no".(1)
Bit meno significativo (LSB) (Least significant bit)	La cifra di minor peso in un numero binario. Abbreviato LSB (Least Significant Bit). (1)
Bit più significativo (MSB) (Most significant bit)	La cifra di maggior peso in un numero binario. Abbreviato MSB (Most Significant Bit).(1)
Canale (Channel)	Il tracciato attraverso il quale può scorrere un'informazione in particolare una serie di cifre o caratteri.(1)
Carattere in codice binario (Binary-coded Character)	Una cifra decimale, lettera alfabetica, segno di punteggiatura, ecc., rappresentata da un numero fisso di cifre binarie consecutive.(1)
Caratteri alfanumerici (Alphanumeric characters)	Usati per includere caratteri alfabetici, cifre numeriche e caratteri speciali.(1)
Cifra in codice binario (Binary-coded digit)	Un elemento di un sistema di notazione per la rappresentazione di una cifra decimale con un numero fisso di posizioni binarie.
Codice (Code)	Un sistema di simboli che rappresenta valori di dati e costituisce un linguaggio speciale, comprensibile e utilizzabile da un computer o da un circuito digitale.(1)
Codice alfanumerico (Alphanumeric code)	Un codice usato per esprimere numericamente le lettere dell'alfabeto.(1)
Codice ASCII (ASCII code)	"American Standard Code for Information Interchange." Un codice di caratteri a sette bit senza il bit di parità o codice di caratteri a otto bit con il bit di parità.
Codice binario (Binary code)	Un codice nel quale ogni elemento è uno di due distinti generi di valori, per esempio, la presenza o l'assenza di un impulso.(1)
Codice digitale (Digital code)	Vedere codice.

Codice EBCDIC (EBCDIC code)	Extended Binary Coded Decimal Interchange Code". Un codice digitale principalmente usato nei sistemi IBM. Assomiglia molto al codice semi-ASCII.
Codice esadecimale (Hexadecimal code)	Un codice digitale che si basa sulla radice di sedici nel quale i numeri decimali da 0 a 9 e le lettere da A a F rappresentano i sedici distinti stati del codice.
Codice Gray (Gray code)	Una notazione di numeri binari nella quale due numeri, la cui differenza è uno, sono rappresentati da espressioni uguali eccetto che in un posto o colonna e differiscono soltanto di una unità in quel posto o colonna.(1)
Codice ottale (Octal code)	Riferito a un sistema di numeri in codice binario con la radice di 8, nel quale i valori binari naturali da 0 a 7 vengono utilizzati per rappresentare cifre ottali con valori da 0 a 7.(1)
Codice Selectric (Selectric code)	Un codice alfanumerico usato nelle macchine da scrivere IBM Selectric.
Codificare (To encode)	Usare un codice, molto spesso un codice composto da numeri binari, per rappresentare caratteri singoli o gruppi di caratteri in un messaggio. Cambiare da un codice digitale a un altro. Se i codici sono molto diversi, il processo viene chiamato conversione di codice.(1)
Codificazione binaria (Binary-Coded)	Espresso da una serie di cifre binarie (di 0 e di 1)(1).
Conversione di codice (Code conversion)	Il cambiamento del raggruppamento dei bit di un carattere in un codice nel corrispondente raggruppamento dei bit in un altro codice.
Convertitore di codice (Code converter)	Un dispositivo di conversione di codice.
Decimale in codice binario (Binary coded decimal)	Abbreviato BCD. Un sistema di rappresentazione di numeri nel quale ogni cifra decimale di un numero è espressa da numeri binari.(1) Conosciuto anche come il codice 8 4 2 1.
Decoder	Un dispositivo di conversione di codice.
Decoder da BCD a decimale in codice binario (BCD-to-decimal decoder)	Un decoder che converte il codice "decimale in un codice binario" in un codice 1 su dieci.
Decoder/driver	Un dispositivo di conversione di codice che può anche avere sufficiente tensione o corrente di uscita da far funzionare un dispositivo esterno come un display o indicatore a LED.
Decodificare (To decode)	Usare un codice per invertire una precedente codificazione.(1)

Demultiplexer	Un dispositivo digitale che dirige informazioni da un solo ingresso a una o più uscite. L'informazione per la selezione del canale d'uscita normalmente viene presentata al dispositivo sotto forma binaria e viene decodificata internamente. Il dispositivo agisce come switch unipolare a molte posizioni che indirizza informazioni digitali in una direzione opposta a quella di un multiplexer.[1]
Diagramma di tempo (Timing diagram)	Vedere forma d'onda digitale.
Effettuare una sequenza (To sequence)	Disporre in ordine.[1]
Forma d'onda (Waveform)	La rappresentazione grafica di un'onda elettromagnetica, che evidenzia le variazioni dell'ampiezza nel tempo.[1]
Forma d'onda digitale (Digital waveform)	Una rappresentazione grafica di un segnale digitale, che mette in evidenza le variazioni di stato logico come funzione di tempo. Conosciuto anche come diagramma di temporizzazione (timing diagram).
Frequenza di campionatura di un canale (Channel sampling rate)	Il numero di volte al secondo in cui si effettua la campionatura di un singolo canale.[1]
Multiplexer, data selector	Un dispositivo digitale che può selezionare un ingresso da un certo numero di ingressi e passare il livello logico di quell'ingresso all'uscita. L'informazione per la selezione del canale d'ingresso viene presentata normalmente al dispositivo sotto forma binaria pesata e viene decodificata internamente. Il dispositivo agisce da switch unipolare a molte posizioni capace di passare informazioni digitali in una sola direzione.[1]
Numero di sequenza di canali (Channel sequence number)	Un numero assegnato ad un canale a scopo di riferimento.[1]
Operazione sequenziale (Sequenzial operation)	Eseguire una operazione dopo l'altra.[1]
Ottale in codice binario (Binary-coded octal)	Un sistema di numerazione ottale nel quale ogni cifra ottale è rappresentata da un numero binario a tre bit. [1]
Radice (Radix)	Chiamata anche base. Il numero totale di simboli o segni distinti usati in un sistema di numerazione. Per esempio, poichè il sistema di numerazione decimale usa dieci simboli, la radice è 10. Nel sistema di numerazione binario, la radice è 2, perchè ci sono soltanto due segni o simboli (0 o 1).[1] Nel sistema di numerazione ottale, la radice è 8 e nel sistema di numerazione esadecimale la radice è 16.

Schema a blocchi (Block diagram)	Uno schema nel quale le unità essenziali di qualsiasi sistema sono tracciate in forma di blocchi e il rapporto fra loro è indicato da linee adeguatamente collegate.(1)
Selettore di canale (Channel selector)	Uno switch utilizzato per selezionare il canale desiderato.(1)
Semi ASCII (Half-ASCII)	Un codice ASCII di 64 caratteri contenente le parole di codice per cifre numeriche, caratteri alfabetici e simboli, ma non le operazioni di tastiera.
Sequenza (Sequence)	L'ordine in cui sono disposti oggetti o articoli.(1)
Sequenziatore (Sequencer)	Un dispositivo elettronico che può essere predisposto per avviare una serie di eventi e farli procedere in sequenza, cioè in ordine.(1)

CODICI DIGITALI

Una delle più importanti caratteristiche di ogni animale è la capacità di comunicare con altri animali della stessa specie. Questa caratteristica fornisce all'animale un notevole vantaggio di sopravvivenza, secondo l'accezione darwiniana del termine, ed è presente nella maggior parte delle creature multi-cellulari, incominciando dagli insetti su fino all'uomo.
Gli insetti hanno diversi modi di comunicare, dalla danza dell'ape alle forme di comunicazione chimica attraverso agenti chimici chiamati feromoni. L'uomo può comunicare coi suoi simili con tutti cinque i sensi come è dimostrato dagli individui handicappati che avendo perso uno o più dei loro sensi mantengono comunque molta sensibilità con i restanti.

Presumendo che un individuo voglia comunicare con un altro attraverso il senso dell'udito e l'uso della parola, è chiaro che ci deve essere un accordo generale sull'interpretazione di uno specifico suono parlato da parte di chi lo ascolta. Nel corso dei secoli molte regioni nelle varie parti del mondo hanno sviluppato separatamente le proprie convenzioni riguardanti il significato di suoni specifici e la loro trascrizione sulla carta. Noi chiamiamo questa convenzione un "linguaggio" o a volte una "lingua straniera". Esistono centinaia di lingue diverse, sebbene soltanto un numero relativamente piccolo viene usato da percentuali significative della popolazione mondiale. Inoltre la popolarità di lingue specifiche cresce e svanisce nel corso del processo di civilizzazione. Il latino, una volta lingua predominante in Europa, è considerato ora una lingua quasi morta, eppure ha chiaramente influenzato in modo profondo la maggior parte delle lingue europee. L'inglese potrebbe ora essere alla punta massima della sua popolarità e magari declinare fra qualche centinaio d'anni alla stadio di lingua minore.

L'oggetto di questa breve digressione è quello di sviluppare un'analogia fra i linguaggi parlati e i linguaggi digitali, più comunemente noti come *codici digitali.*
Così come ci sono numerose lingue parlate, ci sono molti codici digitali: binario, decimale in codice binario (BCD), Gray, 4 2 2 1, eccesso 3, 2 su 5, American Standard Code for Information Interchange (ASCII) e Extended Binary Coded decimal Interchange Code (EBCDIC). Questi codici sono a tutti gli effetti le vere "lingue" dell'elettronica digitale.
Tali codici possono essere suddivisi in tre importanti categorie:

Categoria I — Codici utilizzati nei circuiti elettronici per eseguire compiti digitali. Esempio: binario.

Categoria II — Codici usati per convertire gli interi decimali 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9 in forma digitale. Esempio: decimali in codice binario (BCD), gray, 4 2 2 1, 2 su 5, 4 su 8 e biquinari 5 1 1 1 1.

Categoria III — Codici usati per convertire gli interi decimali, le 26 lettere dell'alfabeto inglese, i simboli e le operazioni di tastiera in forma digitale. Esempi: ASCII, EBCDIC e Baudot.

In questo manuale di laboratorio, presteremo particolarmente attenzione a quattro codici: binario, decimale in codice binario (BCD), o 8 4 2 1, ASCII e EBCDIC.

CODICE BINARIO

Il codice digitale più semplice è un codice a due stati, o *binario*, composto da uno stato logico 0 e uno stato logico 1. Dalle discussioni dei precedenti Capitoli è evidente che il nostro sistema di breadboarding è stato progettato per funzionare in un codice binario, nel quale lo stato logico 0 è a potenziale di massa e lo stato logico 1 è a +5 V.

In codice binario, il numero decimale 0 è rappresentato da uno 0 logico e il numero decimale 1 è rappresentato da un 1 logico. Questo dovrebbe essere molto chiaro. Come possiamo, però, rappresentare numeri decimali più alti come 3, 17, 568, ecc. usando un codice binario? La risposta sta nel generare numeri più grandi di 1 decimale attraverso l'uso di un sistema di conteggio binario basato su una *base* o *radice* di 2. Per esempio, il numero binario 11101_2' dove il suscritto"$_2$ rappresenta il sistema binario, è equivalente a, leggendo da sinistra a destra:

$$11101_2 = (1 \times 2^4) + (1 \times 2^3) + (1 \times 2^2) + (0 \times 2^1) + (1 \times 2^0) = 29_{10}$$

Dovete ricordare che

$$2^4 = 16 \text{ in notazione decimale} = 16_{10}$$

$$2^3 = 8 \text{ in notazione decimale} = 8_{10}$$

$$2^2 = 4 \text{ in notazione decimale} = 4_{10}$$

$$2^1 = 2 \text{ in notazione decimale} = 2_{10}$$

$$2^0 = 1 \text{ in notazione decimale} = 1_{10}$$

Pertanto, $11101_2 = 16_{10} + 8_{10} + 4_{10} + 0 + 1_{10} = 29_{10}$. dove il suscritto "$_{10}$" associato a questi numeri rappresenta il sistema decimale, un sistema che si basa su una base o radice di 10. Vediamo di redigere una breve tabella che ci consenta di convertire numeri decimali semplici in forma binaria:

Numero Decimale	*Numero Binario*
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001
10	1010
11	1011

Numero Decimale	*Numero Binario*
12	1100
13	1101
14	1110
15	1111
16	10000
17	10001
18	10010
19	10011
20	10100
21	10101
22	10110
23	10111
24	11000

Quindi, una sequenza di quattro cifre binarie può rappresentare uno qualsiasi di sedici diversi numeri decimali da 0 a 15. Numeri decimali maggiori di quindici richiedono un numero maggiore di cifre binarie come viene dimostrato nella seguente tabella:

Numero Decimale	*Numero Binario*
0	0
1	1
2	10
4	100
8	1000
16	10000
32	100000
64	1000000
128	10000000
256	100000000
512	1000000000
1024	10000000000
2048	100000000000

È anche utile notare le implicazioni della seguente tabella:

Numero Decimale	*Numero Binario*
1	1
3	11
7	111
15	1111
31	11111
63	111111
127	1111111
255	11111111
511	111111111
1023	1111111111
2047	11111111111
4095	111111111111

Pertanto, un numero binario di 12 *bit può codificare* quattromilanovantasei numeri decimali da 0 a 4095_{10}' in forma binaria. Un numero binario di tre bit può soltanto codificare otto numeri

decimali da 0 a 7_{10}, mentre un numero binario di quattro bit può codificare sedici numeri decimali da 0 a 15_{10}.

CODICE OTTALE E CODICE ESADECIMALE

Due codici di uso molto comune sono i *codici ottale e esadecimale.*
Il codice ottale completo è dato dalla seguente tabella:

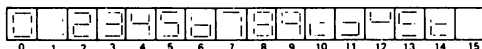
Numero Ottale	*Numero Binario*
0	000
1	001
2	010
3	011
4	100
5	101
6	110
7	111

Chiaramente, il codice ottale è un codice binario a tre bit. Il codice esadecimale, che sta diventando sempre più diffuso con l'avvento dei minicomputer a 16 bit e altri sistemi elettronici digitali, è dato dalla seguente tabella:

Numero o Lettera Esadecimale	*Numero Binario*
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001
A	1010
B	1011
C	1100
D	1101
E	1110
F	1111

Quindi, il codice esadecimale è un codice binario a quattro bit. Usiamo le lettere da A a F invece dei numeri decimali da 10 a 15 in modo da poter usare display a LED per leggere una sola lettera o una sola cifra. La Hewlett-Packard produce un display di readout a LED esadecimale molto interessante. Sui display a LED a sette segmenti più comunemente usati i numeri decimali fra 10_{10} e 15_{10} sono rappresentati dai seguenti simboli, come abbiamo già osservato nel Capitolo N. 1:

Numero Decimale	*Simbolo sul LED*
10	⊏
11	⊐
12	⊔
13	⊑
14	⊢
15	blank

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15

DECIMALE IN CODICE BINARIO

Uno dei codici digitali più diffusi per codificare numeri decimali è l'8 4 2 1, altrimenti noto come *decimale in codice binario (BCD)*. La seguente tabella mette in relazione numeri decimali con il sistema decimale in codice binario:

Numero Decimale	*Decimale in Codice Binario*
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001

Chiaramente, il codice decimale in codice binario è un codice binario semplice a quattro bit che inizia da 0000_2 e finisce a 1001_2. Ogni cifra decimale è codificata da quattro bit binari come avviene per il nove numerale decimale qui di seguito:

		2^3	2^2	2^1	2^0
9 decimale	=	1	0	0	1
Notazione su circuito integrato	=	D	C	B	A
Altre notazioni	=	MSB			LSB

Abbiamo dato due sistemi di notazione di decimale in codice binario che meritano una discussione. Per primo abbiamo il sistema DCBA, dove D corrisponde allo stato logico del bit binario nella posizione 2^3, C corrisponde allo stato logico del bit binario nella posizione 2^2, B corrisponde allo stato logico del bit binario nella posizione 2^1 ed A corrisponde allo stato logico del bit binario nella posizione 2^0. Il secondo sistema di notazione è il sistema LSB/MSB, dove LSB sta per *least significant bit* (bit meno significativo) e MSB sta per *most significant bit* (bit più significativo). Evidentemente, in un numero decimale in codice binario LSB è A e MSB è D.

Il decimale in codice binario è un codice comodo ma piuttosto dispersivo per rappresentare numeri decimali. Sono richiesti troppi bit binari per rappresentare un numero decimale come, ad esempio, il numero decimale 4095_{10} che richiede non 12 bit come nel caso del sistema binario, ma piuttosto sedici bit binari per essere codificato in decimale in codice binario:

$$4095_{10} = 111111111111_2 = \underbrace{0100}_{4}\ \underbrace{0000}_{0}\ \underbrace{1001}_{9}\ \underbrace{0101}_{5} \text{ in BCD}$$

I VERBI: CODIFICARE E DECODIFICARE

Sebbene quasi tutti i circuiti elettronici funzionino con due stati logici, e quindi eseguano operazioni con aritmetica binaria, è chiaro che le persone, per ragioni storiche o di altro tipo, preferiscono lavoarare con l'aritmetica decimale, dove vengono usati gli interi 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9, insieme alle potenze di base dieci, per rappresentare un numero desiderato. Da questo punto di vista è molto vantaggioso *codificare* un numero decimale in forma binaria, far lavorare i circuiti sui numeri binari risultanti e, infine, quando si desidera un readout o un'uscita, *decodificare* i numeri decimali generati riportandoli alla forma decimale. Mentre un computer codifica numeri decimali e decodifica numeri binari immagazzinati nei nuclei, uno strumento di laboratorio deve soltanto decodificare informazioni binarie.

I termini, *codificare* e *decodificare*, possono essere definiti in questo modo:

Codificare	Usare un codice, spesso costituito da numeri binari, per rappresentare caratteri singoli o gruppi di caratteri di un messaggio. Cambiare da un codice digitale ad un altro. Se i codici sono molto diversi, questo processo viene chiamato conversione.[1]
Decodificare	Usare un codice per invertire una decodificazione precedente. Determinare il significato di un gruppo di impulsi che descrive un'istruzione, un comando o un'operazione da eseguire.[1]

CODICI ALFANUMERICI

Non si deve restringere il processo di codificazione e decodificazione soltanto ai numeri decimali. È altrettanto importante poter codificare tutto l'alfabeto inglese in forma digitale, come avviene, per esempio, in una telescrivente. Quando si codifica l'alfabeto inglese, c'è sempre il caso che esistano posizioni di scorta nel *codice digitale alfanumerico.* Queste vengono usate per codificare simboli quali !, @, #, $, %, c, &, *, (,), —, +, =, ", ', ecc. o per codificare certe operazioni di tastiera quali, "tab return", "back space", "shift", "carriage return", "space", ecc. *La funzione di un codice digitale, quindi, è quello di codificare numeri decimali, alfabeti, funzioni di comando, operazioni di tastiera, e/o simboli in forma digitale*, un'impresa certamente fattibile negli Stati Uniti, in Europa o in America Latina, ma notevolmente più difficile in Cina.

CODICE ASCII

Il codice alfanumerico più diffuso per la trasmissione delle ventisei lettere dell'alfabeto, dieci numerali decimali, ventotto simboli e un numero imprecisato di funzioni di comando di tastiera è noto come *codice ASCII*, o *American Standard Code for Information Interchange.* Il codice ASCII è un codice binario a sette bit con un potenziale di codificazione di $2^7 = 128$ diverse informazioni.

Qui di seguito diamo la tabella semi-ASCII, cioè un elenco di 64 parole in codice ASCII a sette bit per le lettere dell'alfabeto inglese, numerali e simboli. Le rimanenti 64 parole in codice ASCII sono operazioni di tastiera.

Caratteri	*Codice ASCII*	*Caratteri*	*Codice ASCII*
@	100 0000	spazio	010 0000
A	100 0001	!	010 0001
B	100 0010	"	010 0010
C	100 0011	#	010 0011
D	100 0100	$	010 0100
E	100 0101	%	010 0101
F	100 0110	&	010 0110
G	100 0111	'	010 0111
H	100 1000	(	010 1000
I	100 1001	)	010 1001
J	100 1010	*	010 1010
K	100 1011	+	010 1011
L	100 1100	,	010 1100
M	100 1101	−	010 1101
N	100 1110	.	010 1110
O	100 1111	/	010 1111
P	101 0000	0	011 0000
Q	101 0001	1	011 0001
R	101 0010	2	011 0010
S	101 0011	3	011 0011
T	101 0100	4	011 0100
U	101 0101	5	011 0101
V	101 0110	6	011 0110
W	101 0111	7	011 0111
X	101 1000	8	011 1000
Y	101 1001	9	011 1001
Z	101 1010	:	011 1010
[	101 1011	;	011 1011
\	101 1100	<	011 1100
]	101 1101	=	011 1101
^	101 1110	>	011 1110
←	101 1111	?	011 1111

Come noterete, il codice ASCII è ancora più inefficiente del decimale in codice binario nel codificare numerali decimali. Per esempio, il numero decimale nove in codice ASCII è 011 1001, ed esce sfavorito dal confronto con l'1001_2 dei codici sia binario che decimale in codice binario. Comunque, la massima efficienza non è sempre l'aspetto più importante di un codice digitale. Proprietà quali, compatibilità, utilità, e attendibilità possono essere più importanti in molte situazioni.

Nella suddetta tabella, il bit meno significativo (LSB) è all'estrema destra e il più significativo (MSB) all'estrema sinistra. Per esempio, nella parola ASCII per la lettera T, l'MSB è 1 logico e l'LSB è 0 logico. Altri codici alfanumerici diffusi sono il *codice Selectric* e *l'Extended Binary Coded Decimal Interchange Code* (codice EBCDIC). Entrambi sono usati in predominanza dalle macchine IBM. La Fairchild Semiconductor fabbrica chip MOS che convertono ASCII in Selectric o EBCDIC o viceversa (chip della Faichild numeri 3512A e 3514A/3514B).

CONVERSIONE DI CODICE

Alle nazioni Unite abbiamo "interpreti" umani che "traducono" una lingua in un'altra premettendo ai rappresentanti degli oltre cento paesi membri di comunicare fra loro. Nel campo dell'elettronica digitale c'è una necessità simile di tradurre un codice digitale in un altro. Questo processo viene chiamato *conversione di codice*, ed è stato definito da Graf come la trasformazione del raggruppamento dei bit di un carattere in un codice nel corrispondente raggruppamento dei bit in un altro codice. Un dispositivo di conversione di codice può essere rappresentato schematicamente così:

e ha il seguente tipo di tabella della verità:

Ingressi						*Uscite*				
F	E	D	C	B	A	E'	D'	C'	B'	A'

Nella quale le file e le colonne contengono i relativi dati a 0 logico e a 1 logico. Nella suddetta tabella della verità, ci sono 64 condizioni di ingresso ben distinte, che non debbono necessariamente essere tutte usate in uno specifico convertitore di codice.

La serie di chip di circuito integrato 7400 comprende un buon numero di convertitori di codice molto diffusi, noti anche come *decoder*, o *decoder/driver*.
Fra questi vi sono:

- 4-line-to-10-line decoder e decoder driver come i 7441, 7442, 7443, 7444, 7445, 74141 e 74145.

- 4-line-to-7-line decoder/driver come i 7446, 7447 e 7448.

- 2-line-to-4-line decoder come i 74139, 74155 e 74156.
- 3-line-to-8-line decoder come i 74138.
- 4-line-to-16-line decoder come i 74154 e 74159.

Diamo una descrizione di tutti questi diversi tipi di decoder.

4-Line-To-10-Line Decoder

Lo scopo specifico di un 4-line-to-10-line decoder è quello di convertire una parola binaria di 4 bit in una di dieci uscite. Il più comune fra questi decoder è quello che converte un decimale in codice binario 8 4 2 1 (BCD) in linee di uscita 1 su 10.
La tabella della verità di questo decoder è la seguente:

Ingressi				*Uscite*									
D	C	B	A	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

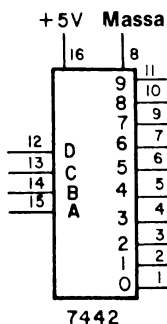
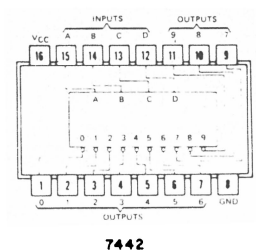
Dovrebbe essere piuttosto chiara la ragione per cui questo tipo di decoder viene chiamato un decoder "1 su 10". Per uno qualsiasi dei numerali decimali da 0 a 9, soltanto una delle uscite è a stato logico 0; le altre 9 uscite sono a stato logico 1. In questa categoria rientrano i decoder 7441, 7442, 7445, 74141 e 74145. La differenza principale fra questi decoder risiede semplicemente nella capacità delle dieci uscite di sopportare tensioni di uscita sia basse (+5 V) che alte (+15, +30 o +70 V). Questi decoder sono spesso chiamati *BCD-to-decimal decoder* o *BCD-to-decimal decoder/driver*. Il termine "decoder/driver" viene riservato per quei decoder le cui uscite possono sopportare alte tensioni.

Gli altri due restanti 4-line-to-10-line decoder sono noti come *Excess-3-to-decimal decoder* e *Excess-3-gray-to-decimal decoder*. I codici "eccesso 3" e "eccesso 3 Gray" sono altre forme di decimale in codice binario che vengono usate in situazioni particolari. Una tabella della verità in combinazione fra questi due decoder viene data qui di seguito.

Eccesso 3				*Eccesso 3 Gray*				*Uscite*									
D	C	B	A	D	C	B	A	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Si può notare che in tutte e tre le tabelle della verità, BCD, Excess 3 e Excess 3 Gray, le uscite sono uguali. Lo stato d'uscita "unico", in questo caso uno stato logico 0, corrisponde alla linea di uscita il cui numero decimale corrisponde al codice binario. Nel decimale in codice binario (BCD), la linea di uscita 9 è a stato logico 0 soltanto quando gli ingressi DCBA sono 1001_2. La linea di uscita 9 è a stato logico 0 anche quando DCBA è 1100_2 nel codice Excess 3 o quando DCBA è 1010_2 nel codice Excess 3 Gray. Qualsiasi decoder venga usato, e il 7442 è il più diffuso, è chiaro che possiamo usare un codice binario di 4-bit per scegliere una su dieci linee di uscita. Nella sezione Esperimenti, analizzeremo diversi modi di utilizzare questa capacità.

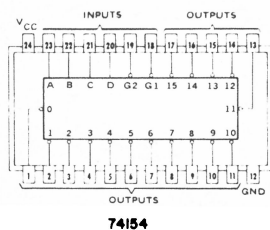
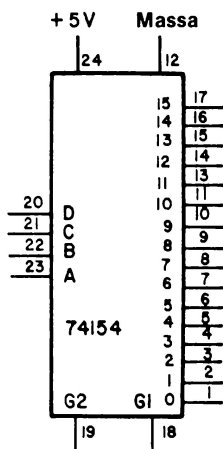
Tenuto conto del basso costo, della notevole disponibilità sul mercato e dell'utilità dei circuiti semplici TTL, prenderemo in considerazione soltanto il decoder 7442 BCD-to-decimal, il cui schema e la cui configurazione dei pin sono rappresentati qui di seguito

7442

Questo chip è molto semplice e immediato.

4-Line-To-16-Line Decoder

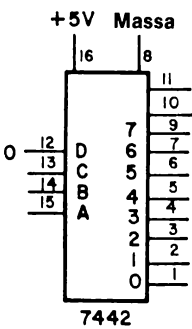
Dato che è possibile decodificare un ingresso binario a 4 bit in una qualsiasi di sedici differenti linee d'uscita, non sorprende il fatto che ci sia un chip in grado di eseguire questo tipo di operazione. La tabella della verità del 74154 4-line-to-16-line decoder/demultiplexer è:

Ingressi				*Uscite*															
D	C	B	A	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

Ancora una volta dovrebbe essere evidente perchè questo chip viene chiamato decoder "1 su 16". Lo schema e la configurazione dei pin sono rispettivamente:

74154

I due ingressi di "strobe" G1 e G2 devono essere entrambi a stato logico 0 perchè il chip 74154 funzioni come un 4-line-to-16-line decoder. Questi due ingressi di strobe sono importanti anche quando il chip viene impiegato come "demultiplexer", argomento che tratteremo fra breve.

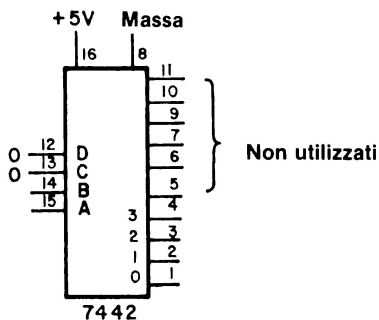
3-Line-To-8-Line Decoder

Sebbene il chip di IC 74138 sia catalogato come un 3-line-to-8-line decoder/demultiplexer, viene usato raramente. Mentre invece, viene convertito il decoder 7442 BCD-to-decimal in un 3-line-to-8-line decoder con il semplice espediente di collegare a massa l'ingresso D al pin 12. La rappresentazione schematica di questo particolare uso del chip 7442 è:

La tabella della verità si riduce, per D=0, a quella di un semplice decoder 3-line-to-8-line:

Ingressi			*Uscite*							
C	B	A	0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1
0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1
1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1
1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

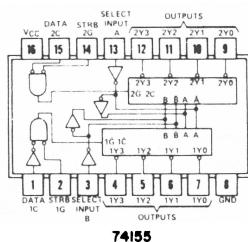
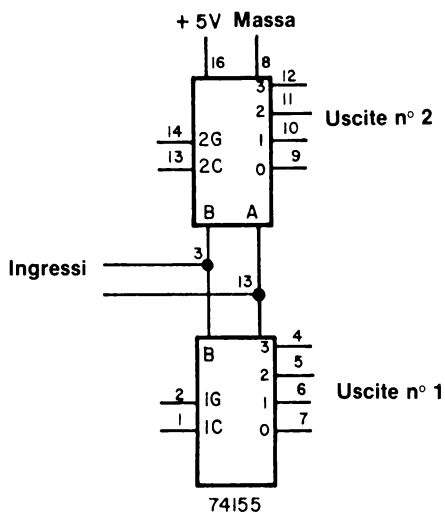
È anche possibile convertire il chip 74154 in un 3-line-to-8-line decoder seguendo lo stesso procedimento di collegare a massa, l'ingresso D al pin 20.

2-Line-To-4-Line Decoder

Un semplice decoder 2-line-to-4-line può essere costruito da un chip 7442 collegando a massa gli ingressi C e D come indicato qui di seguito:

La tabella della verità è:

B	A	0	1	2	3
0	0	0	1	1	1
0	1	1	0	1	1
1	0	1	1	0	1
1	1	1	1	1	0

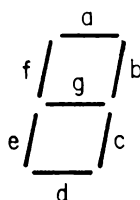
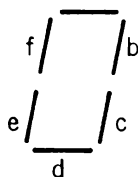
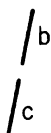
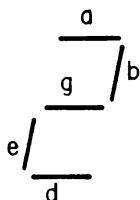
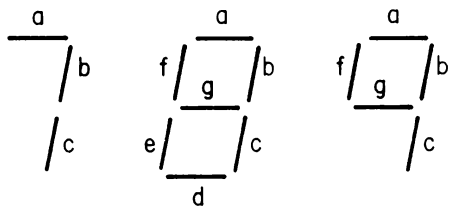
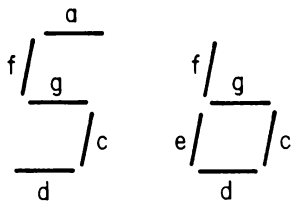
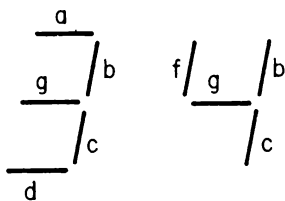
Di interesse potenziale maggiore sono i chip decoder/demultiplexer dual 2-line-to-4-line 74155/74156, la cui configurazione dei pin è la seguente:

74155

e la cui rappresentazione può essere:

Notate come soltanto un gruppo di ingressi A e B viene usato in entrambi i decoder 2-line-to-4-line. Gli ingressi 1C, 1G, 2C e 2G devono essere tutti a stato logico 0 perchè si possa osservare un comportamento di decoder. Semplice, altrimenti, ogni decoder funziona come un 1-line-to-4-line demultiplexer.

4-Line-To-7-Line Decoder

Oltre al chip 7442, il chip decoder più importante è il 4-line-to-7-line decoder/driver, noto anche come *BCD-to-seven-segments decoder/driver*. Questo chip di circuito integrato converte informazioni decimali in codice binario in informazioni in codice a sette segmenti capace di far produrre a un display a LED a sette segmenti direttamente i numerali decimali 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9. Potete trovare un chip 7447 BCD-to-seven-segments decoder/driver sull'Outboard Display a LED a sette segmenti LR-4®.

Cercate sulla parte superiore del chip di circuito integrato il "7447" o "N7447" o "SN7447".

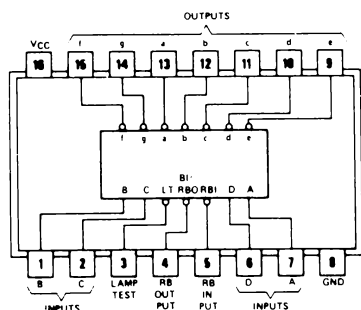
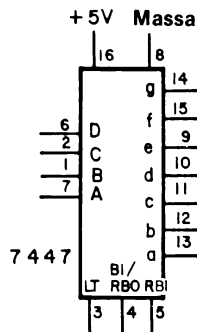
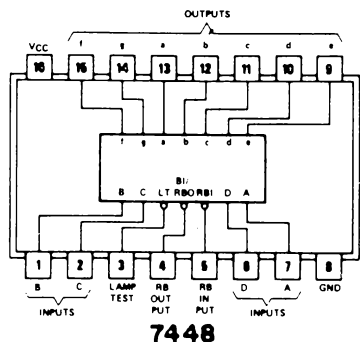
Prima di tutto dobbiamo dimostrare che è possibile "simulare" un numerale decimale fra 0 e 9 utilizzando soltanto sette segmenti retti. Consideriamo i seguenti simboli a sette segmenti, in cui i singoli segmenti sono connotati con a, b, c, d, e, f, g:

Il numerale zero, 0, dovrebbe, essere facile; sono necessari soltanto i segmenti a, b, c, d, e, f.

Il numero uno , 1, è ancora più semplice; occorrono soltanto i seguenti b, c.

Il numero due richiede i segmenti a, b, g, e, d.

Analogamente possiamo scrivere i numeri da 3 a 9 come segue:

Scriviamo ora una tabella della verità per questo tipo di display. Per ragioni che non discuteremo in questa sede, scriveremo uno 0 logico ogni volta che usiamo un segmento e un 1 logico ogni volta che il segmento manca dalla rappresentazione del numerale decimale. Pertanto, la tabella della verità è la seguente:

Numerale Decimale	D	C	B	A	a	b	c	d	e	f	g
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1
2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0
3	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0
4	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0
5	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0
6*	0	1	1	0	1*	1	0	0	0	0	0
7	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1
8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9*	1	0	0	1	0	0	0	1*	1	0	0

Come noterete abbiamo elencato nella tabella anche la forma BCD per il numerale decimale.

La insolita caratteristica di un classico 4-line-to-7-segment decoder/driver salta immediatamente all'occhio da questa tabella: non è un decoder 1 su 7! Un gruppo di condizioni d'ingresso può avere un solo segmento spento, mentre un altro gruppo di condizioni d'ingresso, esempio, DCBA=0001_2 può avere fino a cinque segmenti spenti.

La configurazione dei pin e il diagramma schematico del decoder/driver 7447 BCD-to-seven-segment viene data qui di seguito insieme alla configurazione dei pin di un chip simile, il decoder/driver 7448 BCD-to-seven-segment.

Ci sono due diversi modi di rappresentare i numerali 6 e 9. I segmenti **a** nel numerale 6 e il segmento **d** nel numerale 9 potrebbero essere accesi.

7447

Tutti i pin di ingresso e di uscita devono essere liberi eccetto i pin 3, 4 e 5, che sono i pin LAMP TEST, BLANKING INPUT/RIPPLE BLANKING OUTPUT e RIPPLE BLANKING INPUT, abbreviati rispettivamente in LT, BI/RBO e RBI. Questi tre ingressi eseguono, non collettivamente ma individualmente, le seguenti operazioni:

- Verificare i sette segmenti per determinare se possono essere accesi (LT); ciò avviene se BI=1 e LT=0.
- Costringere i sette segmenti in uscita ad andare a uno stato logico 1 se uno stato logico 0 è presente all'ingresso RBI; contemporaneamente fare in modo che al pin BI/RBO compaia uno stato logico 0.
- Costringere i segmenti ad andare a uno stato logico 1 indipendentemente dallo stato logico di qualsiasi altra condizione d'ingresso (BI); ciò avviene soltanto se BI è a uno stato logico 0, cioè, BI=0.
- Se i pin non sono collegati, restano tutti e tre a uno stato logico 1 e sono considerati disabilitati, cioè, non eseguono le loro funzioni.

Al momento, non siamo interessati ai pin 3, 4 e 5 e non ne tratteremo oltre.

Il chip 7446 è molto simile al chip 7447; l'unica differenza sta nel fatto che le uscite del 7446 si danneggiano soltanto se la tensione in uscita è superiore ai 30 V, mentre le uscite del 7447 si danneggiano se la tensione in uscita di qualsiasi segmento supera i 15 V.

La tabella della verità del decoder/driver 7448 BCD-to-seven-segment è il complemento della tabella della verità del chip 7447:

Numerale Decimale	D	C	B	A	a	b	c	d	e	f	g
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
2	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1
3	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1
4	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1
5	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
6	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1
7	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
8	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
9	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1

Pertanto, nel chip 7448, un segmento acceso corrisponde a uno stato logico 1 e un segmento spento corrisponde a uno stato logico 0. Sia il chip 7447 che il 7448 sono utilizzabili come "driver" o "decoder" per un display a LED a sette segmenti. Alcuni display richiedono uno stato logico 0 per illuminare un segmento (l'OPCOA SLA-1, per esempio), mentre altri display a LED A SETTE SEGMENTI RICHIEDONO, PER ILLUMINARE UN SEGMENTO, UNO STATO LOGICO 1 (per esempio, il Litronix Data-Lit 704). I display a sette segmenti SLA-1 sono più comuni, perciò useremo principalmente il 7447.

Potremmo porci un'altra domanda circa il chip di IC 7447: che cosa succede se applichiamo i seguenti ingressi BCD al chip?

D	C	B	A
1	0	1	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	0	1
1	1	1	0
1	1	1	1

Queste sei parole binarie a 4 bit sono l'equivalente binario dei decimali 10, 11, 12, 13, 14 e 15. Il chip 7447, però, non può fornire uscite per due cifre decimali, da invece le seguenti uscite per i sette segmenti:

D	C	B	A	a	b	c	d	e	f	g
1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0
1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0
1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0
1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0
1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Il dato finale, $DCBA = 1111_2$, corrisponde a un display completamente blank. Per le rimanenti cinque condizioni di ingresso si osservino i seguenti simboli:

D	C	B	A	*Simboli*
1	0	1	0	⊏
1	0	1	1	⊐
1	1	0	0	⊔
1	1	0	1	⊑
1	1	1	0	⊨
1	1	1	1	blank

QUAL'È LA DIFFERENZA FRA UN DECODER E UN DECODER/DRIVER?

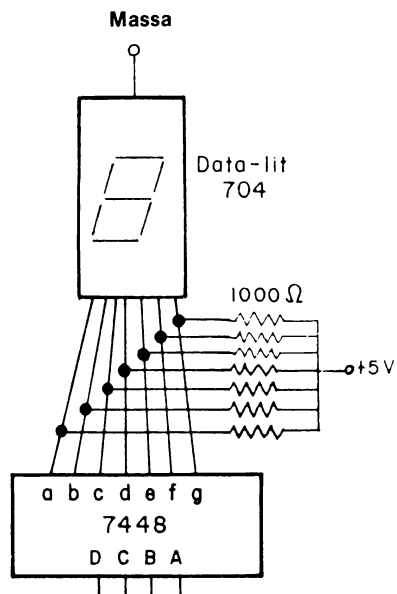
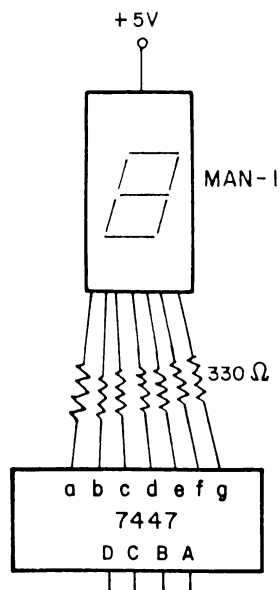
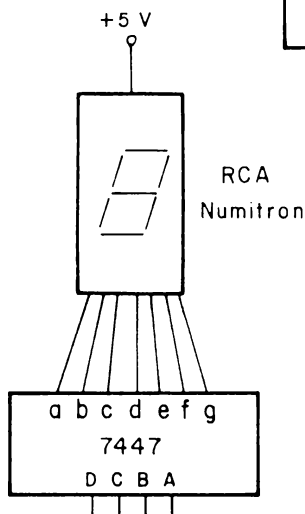
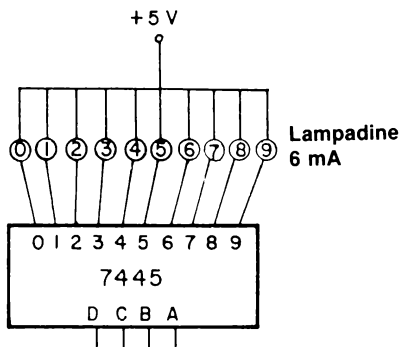
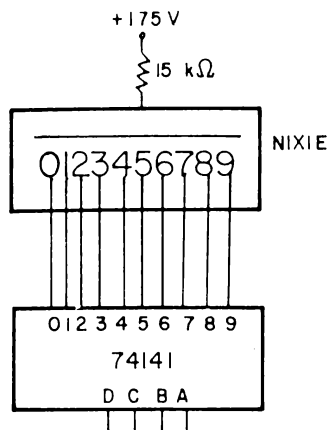
Graf[1], definisce un *decoder* come un dispositivo che converte informazioni codificate in forme meglio utilizzabili come, ad esempio, un decoder BCD-to-decimal. Considerando questa definizione possiamo domandarci: in che modo una forma è meglio utilizzabile? Alcune possibili risposte a questa domanda sono le seguenti:

- Selezionare una sola linea fra molte per trasmettere un impulso negativo.
- Convertire un tipo di codice digitale in un altro, nel caso che quest'ultimo sia più adatto allo strumento scientifico o al computer che stiamo adoperando.
- Azionare un semplice display numerico o un display alfanumerico.

Esaminiamo ulteriormente l'ultima di queste tre applicazioni, l'alimentazione di un display. Indicati qui sotto, diamo cinque display che vengono azionati da un decoder/driver:

- Un display tubo Nixie azionato da un chip 74141
- Una serie di dieci indicatori luminosi (lampadine) azionati da un chip 7445
- Un display a LED a sette segmenti a anodo comune come il MAN-1
- Un display a LED a sette segmenti a catodo comune
- Un display a LED incandescente come l'RCA Numitron

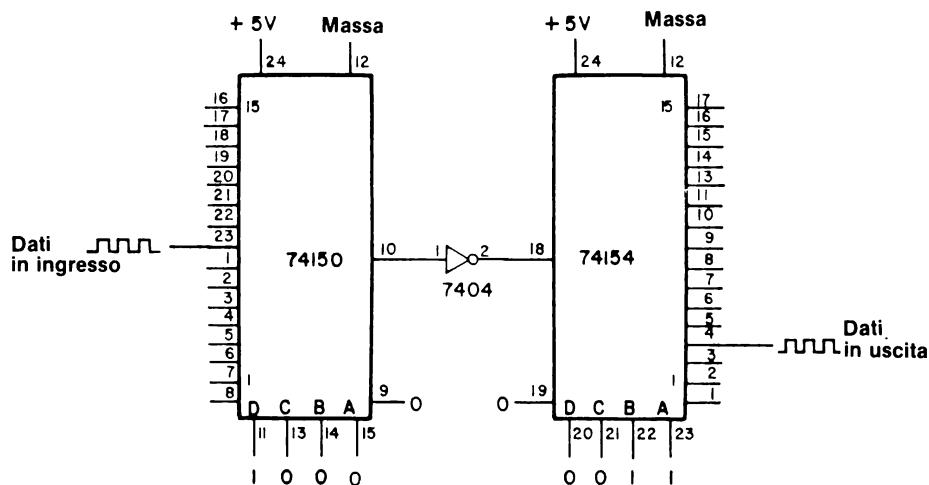
Mentre i decoder 7442, 7443, 7444 e 74154 hanno soltanto uscite che possono azionare altri chip della serie 7400, il decoder 7441, 74141, 7445, 74145, 7446, 7447 e 7448 possono azionare anche dispositivi esterni come i display. Per poter fare ciò, questi chip devono avere uscite che possono portare corrente più alta e uscite che possono sopportare cadute di tensione più grandi. Il decoder/driver 74141 è particolarmente adatto perchè può sostenere tensioni fino a 55 V. Secondo una precedente definizione di un *driver*, un elemento accoppiato allo stadio d'uscita di un circuito per aumentare la capacità di controllare la tensione o la corrente dello stadio stesso, possiamo definire un *decoder/driver* come un decoder le cui uscite possono controllare correnti e tensioni aumentate rispetto alle uscite di semplici chip di transistor-transistor logic (TTL). Se venisse usato in applicazioni di corrente e tensioni così alte, un semplice decoder TTL si brucerebbe.

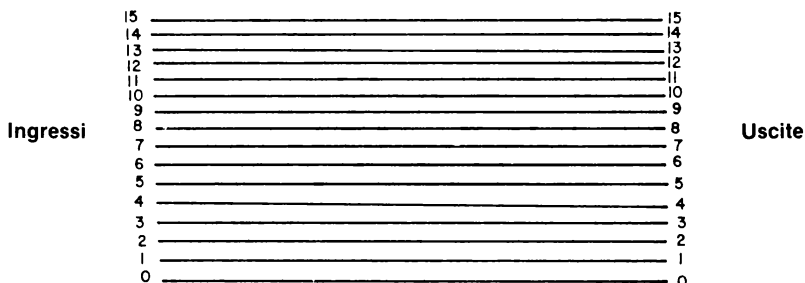
+175 V
15 kΩ
NIXIE
0123456789
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
74141
D C B A
+5 V
Lampadine
6 mA
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
7445
D C B A
+5 V
RCA
Numitron
a b c d e f g
7447
D C B A
+5V
MAN-1
330 Ω
a b c d e f g
7447
D C B A
Massa
Data-lit
704
1000 Ω
+5V
a b c d e f g
7448
D C B A

MULTIPLEXER E DEMULTIPLEXER

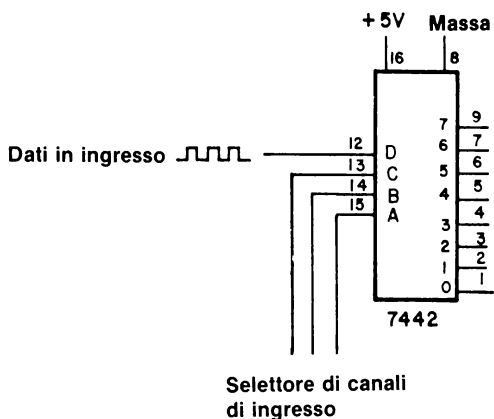
I termini *multiplexer demultiplexer* possono essere definiti come segue:

Multiplexer — Un dispositivo digitale che può selezionare un ingresso da un certo numero di ingressi e far passare il livello logico di quell'ingresso all'uscita. Le informazioni per la selezione del canale di ingresso vengono normalmente presentate al dispositivo in forma binaria pesata e decodificata internamente. Il dispositivo agisce da switch unipolare a molte posizioni che trasmette informazioni digitali soltanto in una direzione.[1]

Demultiplexer — Un dispositivo digitale che dirige informazioni da un singolo ingresso a una sola uscita fra molte. L'informazione per la selezione del canale d'uscita viene normalmente presentata al dispositivo in forma binaria pesata e decodificata internamente. Il dispositivo agisce anche come switch unipolare a molte posizioni che trasmette informazioni digitali in una direzione opposta a quella di un multiplexer.

Piuttosto che discutere questi due concetti in parole, è più utile illustrare la funzione di un multiplexer e di un demultiplexer in forma schematica. Considerate il chip multiplexer 74150 e il chip decoder/demultiplexer 74154 dello schema in basso. Abbiamo indicato che i dati di ingresso,

in questo caso una sequenza di impulsi di clock, entrano al canale d'ingresso 8 del multiplexer ed escono dal canale d'uscita 3 del demultiplexer. Come vengono selezionati questi canali? Sul chip 74150 abbiamo applicato la parola binaria a 4 bit 1001_2 ai pin di selezione del canale d'ingresso DCBA; sul chip 74154 abbiamo applicato la parola binaria a 4 bit 0011_2 ai pin di selezione del canale d'ingresso DCBA. Possiamo quindi selezionare indipendentemente uno qualsiasi di sedici canali d'ingresso e uno qualsiasi di sedici canali d'uscita utilizzando questi due gruppi di ingressi binari a 4 bit! Il multiplexer 74150 seleziona con certezza un solo ingresso fra molti e il demultiplexer 74154 dirige con certezza l'uscita di un multiplexer 74150 a una sola uscita fra molte.

Un'altra utilizzazione della coppia multiplexer/demultiplexer è la riduzione al minimo dei fili necessari per inviare i dati su distanze relativamente "lunghe" come qualche centinaio di metri. Come dimostriamo qui di seguito possiamo impiegare un cavo di 16 fili fra i due punti.

In alternativa, possiamo collegare fra loro i pin di ingresso DCBA e i pin di selezione del canale d'uscita e sequenziare le informazioni di selezione binarie a 4 bit in modo che la giusta informazione d'ingresso sia trasmessa al demultiplexer localizzato ad alcune centinaia di metri di distanza. Altra possibilità è quella di eliminare ogni trasmissione di dati applicando uno stato logico 1 all'ingresso di STROBE del pin 9 del multiplexer così come all'ingresso G2 del pin 19 del demultiplexer. Sei linee possono inviare le informazioni richieste da 16 linee parallele! L'unico scotto da pagare in questo caso sta nel fatto che le informazioni digitali non vengono trasmesse da un punto all'altro simultaneamente, cioè in parallelo. Il meglio che possiamo fare è usare un contatore binario a 4 bit come il chip 7493 o il chip 74193, e sequenziare gli ingressi/uscite. Le informazioni in ingresso compariranno all'uscita del chip 74150 una alla volta e verranno trasmesse all'ingresso del chip 74154 il quale decodificherà l'informazione al pin adeguato. Con questo sistema potremmo impiegare per trasmettere le sedici linee delle informazioni in ingresso 16 volte il tempo che impiegheremmo con le 16 linee parallele lunghe ognuna alcune centinaia di metri. In ogni caso si può accettare una riduzione della velocità di trasmissione poichè questo ci consente di risparmiare varie centinaia di dollari in filo. Lo schema di questo sistema è rappresentato qui di seguito:

Ora dimostreremo come è possibile far funzionare il 7442 BCD-to-decimal decoder come un demultiplexer 1 su 8. Prima scriviamo il diagramma schematico del chip 7442 in modo leggermente diverso da come lo abbiamo rappresentato in precedenza.

Poi, determiniamo la tabella della verità di due situazioni: dati in ingresso = 0 e dati di ingresso = 1. Le tabelle sono le seguenti:

Dati di ingresso = 0

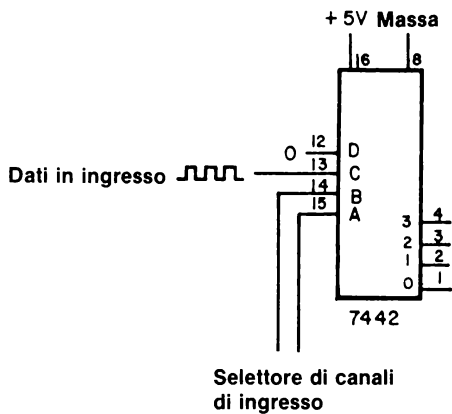
C	B	A	0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1
0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1
1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1
1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

Dati di ingresso = 1

C	B	A	0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1

Notate che le linee d'uscita 8 e 9 non vengono usate; non possiamo selezionare queste linee con una parola binaria a 3-bit soltanto. Evidentemente, il chip 7442 può essere impiegato come demultiplexer di dati d'ingresso a una qualsiasi di otto linee d'uscita. I dati sono trasmessi alle linee d'uscita direttamente, senza inversione, Questo comportamento può essere indicato in quest'altro modo:

Ingressi di selezione			*Canale d'uscita in cui compare il dato*
C	B	A	Numero
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	2
0	1	1	3
1	0	0	4
1	0	1	5
1	1	0	6
1	1	1	7

Possiamo usare il chip 7442 anche come demultiplexer 1 su 4 disponendo D = 0 e facendo entrare i dati in ingresso da C. Lo schema e la tabella della verità di questa applicazione sono:

Dati di ingresso = 0

B	A		0	1	2	3
0	0		0	1	1	1
0	1		1	0	1	1
1	0		1	1	0	1
1	1		1	1	1	0

Dati di ingresso = 1

B	A		0	1	2	3
0	0		1	1	1	1
0	1		1	1	1	1
1	0		1	1	1	1
1	1		1	1	1	1

Smettiamo di parlare del multiplexer con questo esempio.
Ricordatevi che i chip 74139, 74155, 74156 e 74138 possono essere utilizzati anche come demultiplexer.

SEQUENCERS

Nella precedente sezione, abbiamo menzionato il fatto che si può effettuare una sequenza di una coppia multiplexer/demultiplexer e quindi trasmettere sedici canali di dati su una distanza di alcune centinaia di metri per mezzo di sei soli fili. È bene definire il termine sequenza e il termine sequenziatore e discutere in modo più dettagliato il loro significato.

Sequenza (Sequence) — L'ordine nel quale sono disposti oggetti o voci.(1)

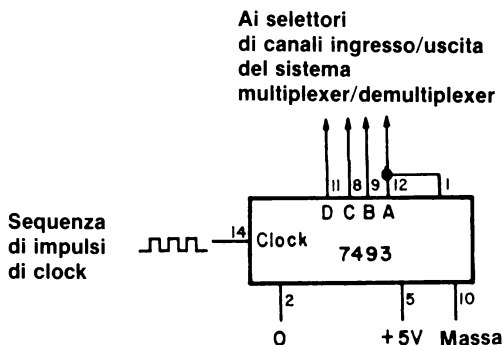
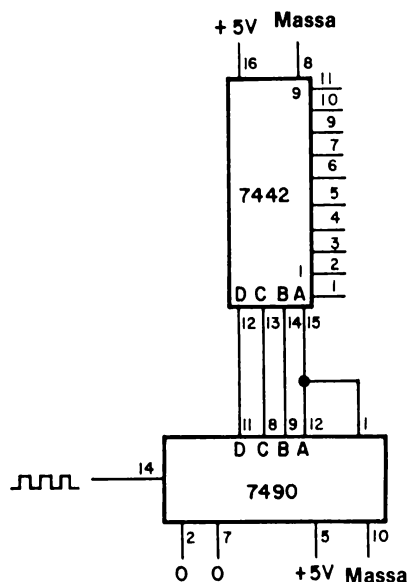
Effettuare una sequenza (To sequence) — Disporre in ordine.(1)

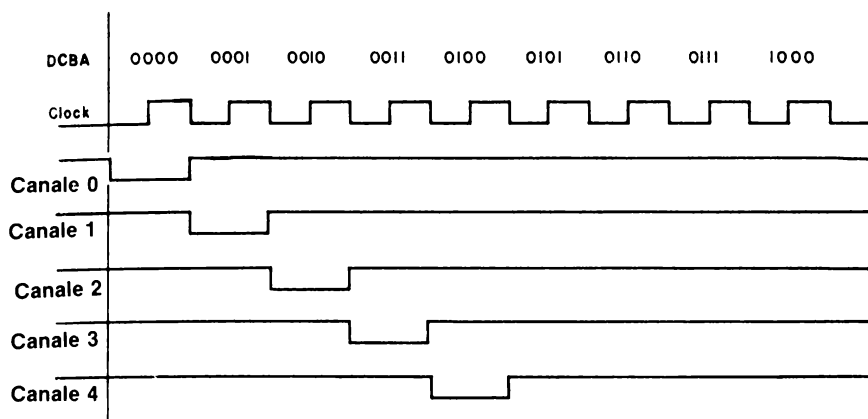
Sequenziatore (Sequencer) — Un dispositvo elettronico che può essere predisposto per dare inizio a una serie di eventi e fare seguire questi eventi in sequenza, cioè, in ordine.(1)

Operazione sequenziale (Sequential operation) — L'effettuare un'operazione dopo l'altra.(1)

Consideriamo la coppia 74150/74154 multiplexer/demultiplexer esaminata nella sezione precedente. Se aggiungiamo un contatore binario 7493 e azioniamo gli ingressi DCBA di selezione dei canali d'ingresso/uscita in modo sequenziale da 0000 a 1111_2, otterremo come effetto che la coppia 74150/74154 sequenzia i sedici ingressi dall'uscita 0 all'uscita 15 e indietro all'uscita 0. In questo modo abbiamo disposto in ordine la nostra selezione degli ingressi e delle uscite; entrambi i chip di circuito integrato , 74150 e 74154 agiscono da sequenziatori:

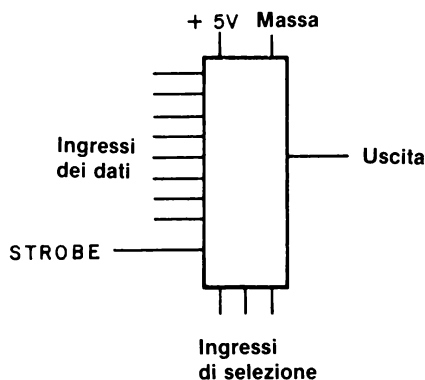
- Il chip 74150 sequenzia i sedici ingressi e fa in modo che i dati di ingresso compaiano al pin d'uscita 10 nell'ordine; canale 0, 1, 2, 3, ...15.
- Il chip 74154 prende i dati in ingresso al pin d'ingresso 18 e li sequenzia alle sedici uscite. I dati compaiono alle uscite nell'ordine: canale 0, 1, 2, 3, ...15.

Il circuito del chip 7493 viene illustrato qui di seguito. Vi sono altri modi per sequenziare la combinazione multiplexer/demultiplexer, ma l'uso del 7493 è il più comodo ed è la tecnica da preferirsi ogni qualvolta è possibile.

Per sequenziare il 7442 BCD-to-decimal decoder, utilizziamo il seguente circuito:

nel quale tutti e dieci i canali sono sequenziati. Abbiamo utilizzato questo circuito in uno strumento che acquisisce dati digitali che chiamiamo "automated digital data logger" (Analytical Chemistry, **45**, 219 (1973)).

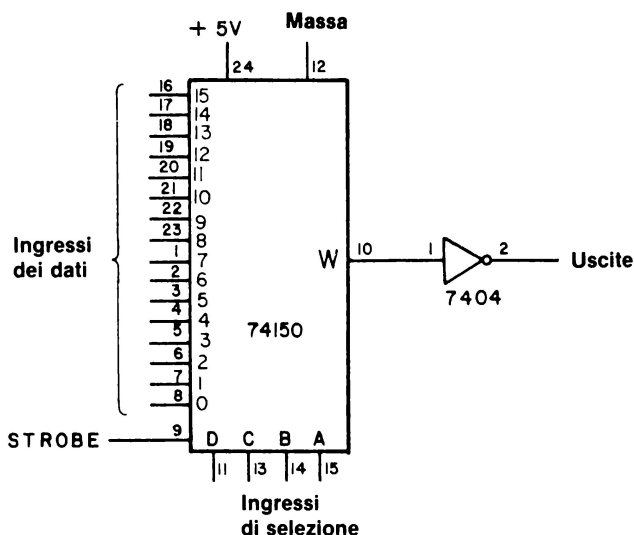
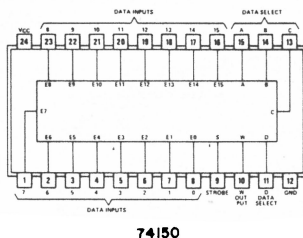
Poichè il contatore decimale 7490 conta da 0 a 9, i dieci canali d'uscita 0, 1, 2, ...9 del 7442, presenteranno, in sequenza, uno stato logico 0 per un impulso di clock completo. Questo tipo di comportamento si nota meglio con l'ausilio di una forma d'onda digitale per l'ingresso di clock del chip 7490 e le dieci uscite del chip 7442. Per risparmiare spazio, abbiamo raffigurato soltanto alcuni canali d'uscita rappresentativi del chip 7442, chiaramente gli impulsi negativi provenienti dalle uscite del chip 7442 appaiono in ordine dal canale 0 al canale 9, cioè sono sequenziati. È possibile costruire altri tipi di sequenziatori che sequenziano fra un totale di 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15 o 16 canali d'uscita. I contatori 7490, 7492, 7493, 74192 e 74193 possono essere tutti collegati con fili perchè servano a questo scopo. Discuteremo di questi contatori brevemente nel Capitolo N. 10. Per adesso ci accontenteremo di un sequenziatore decimale basato sul contatore decimale 7490 o di un sequenziatore esadecimale basato sul contatore binario 7493. Questi due sequenziatori saranno descritti nella sezione sperimentale.

CONFIGURAZIONI DEI PIN DEI DATA SELECTOR/MULTIPLEXER

I tre chip di data selector/multiplexer della serie 7400 che più comunemente incontrerete sono i:

- 74150 16-line to 1-line data selector/multiplexer
- 74151 8-line to 1-line data selector/multiplexer
- 74153 dual 4-line to 1-line data selector/multiplexer

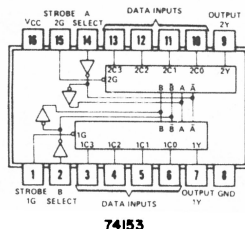
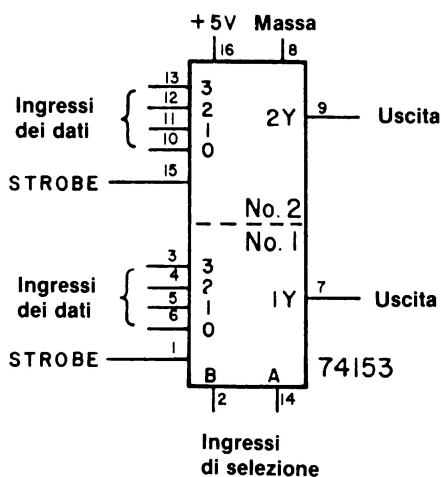
Riteniamo utile rappresentare i suddetti multiplexer in modo da facilitare la lettura dei susseguenti schemi di circuito che incorporano questi chip. In questo manuale metteremo le linee d'ingresso o normalmente anche gli ingressi di strobe o di abilitazione sulla sinistra del rettangolo, la singola uscita sulla destra, i due collegamenti all'alimentazione in alto e gli ingressi di selezione dei dati in basso.

Questo tipo di rappresentazione schematica è illustrata qui di seguito e verrà applicata ai tre chip multiplexer.

Il 74150 16-Line To 1-Line Data Selector/Multiplexer

Il chip di circuito integrato 74150 è un 16-line to 1-line data selector/multiplexer la cui configurazione dei pin e rappresentazione schematica sono:

74150

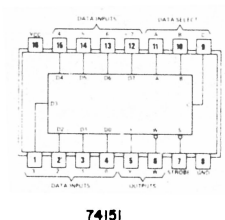
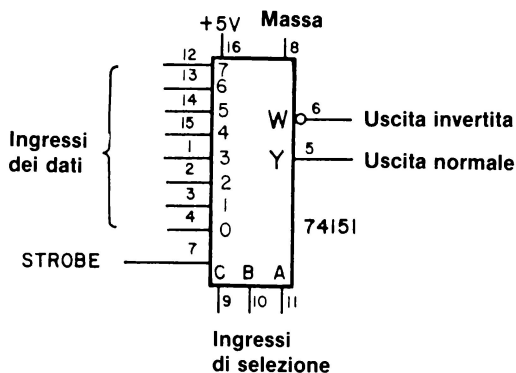
L'uscita W al pin 10 del chip 74150 è il valore invertito dell'ingresso dei dati, pertanto dovete usare un invertitore 7404, come abbiamo fatto nello schema qui sopra, per produrre un'uscita normale.

Il 74153 Dual 4-Line To 1-Line Data Selector/Multiplexer

La configurazione dei pin del 74153 dual 4-line to 1-line data selector/multiplexer integrated circuit chip è:

e lo schema è

Notate l'aggettivo dual (doppio), che vuol dire che abbiamo due data selector/ multiplexer sul chip. Purtroppo i due data selector **non sono indipendenti**: vi sono soltanto due ingressi di selezione, A e B, per i due selector. Il data selector/multiplexer n° 1 ha gli ingressi dei dati ai pin 3, 4, 5 e 6, un ingresso di strobe al pin 1 e un'uscita normale al pin 7. Il data selector/multiplexer n°2 ha gli ingressi dei dati ai pin 10, 11, 12 e 13, un ingresso di strobe al pin 15 e una sola uscita normale al pin 9. Potete selezionare indipendentemente uno dei due selector applicando lo stato logico appropriato agli ingressi di strobe. Per esempio,quando STROBE 1G = 0 e STROBE 2G = 1, selezionate il data selector n°1; quando STROBE 1G = 1 e STROBE 2G = 0, selezionate il data selector n° 2.

Il 74151 8-Line To 1-Line Data Selector/Multiplexer

Il 74151 8-line to 1-line data selector/multiplexer ha la seguente configurazione dei pin

74151

e il seguente schema

Per scegliere il canale d'ingresso dei dati desiderato viene usato il sistema binario con l'ingresso di selezione dei dati CBA. Quindi, se CBA $= 000_2$, è selezionato il canale 0 al pin 14. Se CBA$=111_2$, è selezionato il canale 7 al pin 12. Per comodità di chi lo usa, il fabbricante di questo chip ha fornito sia un'uscita normale Y al pin 5 sia un'uscita invertita W al pin 6. W è il complemento di Y e viceversa.

Se l'ingresso di strobe è a 1 logico, tutto il chip 74151 risulta disattivato con la conseguenza che l'uscita Y diventa 0 logico e l'uscita W diventa 1 logico, indipendentemente dalle informazioni che appaiono agli ingressi dei dati o agli ingressi di selezione. Se l'ingresso di strobe è a stato logico 0, il chip è considerato sottoposto a "strobe" o "abilitato" e funziona normalmente. Pertanto, l'ingresso di STROBE consente di selezionare uno o più chip 74151 fra molti dello stesso tipo indipendenti; l'ingresso di STROBE agisce come ingresso di "selezione di chip".

UN'INTRODUZIONE AGLI ESPERIMENTI

In questo Capitolo costruirete decoder, sequenziatori, sequenziatori programmabili, demultiplexer e multiplexer con l'uso di due tipi di contatori, il 7490 e il 7493; tre multiplexer, i chip 74150, 74151 e 74153 e due decoder/demultiplexer, i chip 7442 e 74154. Questa sarà la prima volta che userete un chip di circuito integrato a 24 pin. Siate cauti!

Vi serviranno due display a LED a sette segmenti per l'Esperimento N. 5. Mettetevi con un amico. L'esperimento è piuttosto complicato ma ne vale la pena. Preparatevi anche a passare un po' di tempo anche sull'Esperimento N. 4; non è difficile ma è importante.
Gli esperimenti di questo Capitolo possono essere riassunti elencando il tipo di dispositivo che costruirete. Quindi:

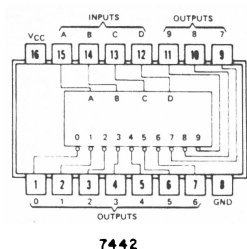
Esperimento N.	*Tipo di dispositivo*
1	decoder
2	demultiplexer
3	sequenziatore
4	sequenziatore programmabile
5	sequenziatore programmabile
6	decoder
7	sequenziatore programmabile
8	demultiplexer
9	multiplexer più demultiplexer
10	decoder
11	demultiplexer
12	decoder
13	demultiplexer
14	multiplexer
15	multiplexer

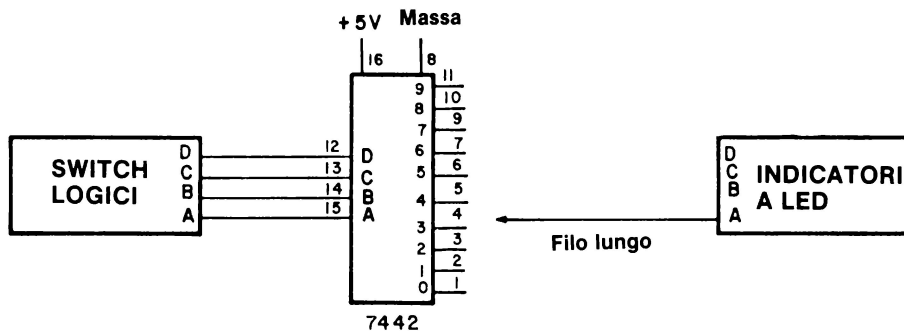
Buona fortuna!

ESPERIMENTO N. 1

Scopo

Questo esperimento dimostra la funzione del chip 7442 come semplice BCD-to-decimal decoder.

Configurazione dei pin del circuito integrato

7442

Schema del circuito

7442

Passo 1

Studiate lo schema illustrato qui sopra. Notate che i numeri dei pin sono segnati fuori dalla scatola, mentre i numeri dei canali delle dieci uscite del chip 7442 sono segnati all'interno della scatola. Basta un solo indicatore di monitor, il quale deve essere collegato a un filo lungo che può essere utilizzato per provare lo stato logico dei dieci canali.

Passo 2

Collegate il circuito come indicato. Dovrebbe essere facile, dato che ci sono soltanto sette collegamenti da eseguire. Lasciate il filo lungo dell'indicatore a LED non collegato.

Passo 3

Applicate l'alimentazione al breadboard e disponete i quattro switch logici a 0000_2 binario. Collegate il filo lungo dell'indicatore a LED al pin 1 del chip 7442. Che cosa osservate?

Se l'esperimento è stato condotto bene, l'indicatore a LED dovrebbe risultare spento. Adesso toccate il filo lungo a ciascuno dei 9 canali d'uscita rimasti, cioè i pin da 2 a 7 e da 9 a 11 del chip 7442. Che cosa succede all'indicatore a LED?

Se il circuito è collegato correttamente, l'indicatore a LED dovrebbe essere illuminato per tutti i 9 canali rimasti del decoder. Questo vuol dire che ognuno di questi canali è a stato logico 1, mentre il canale 0 al pin 1 è a stato logico 0.

Passo 4

Disponete i quattro switch logici con DCBA = 0001_2. Quale unico canale fra i dieci canali d'uscita è a stato logico 0?

Se l'esperimento è stato eseguito in modo corretto, il canale 1 al pin 2 è a stato logico 0 e tutti gli altri canali, incluso il canale 0, sono a stato logico 1.

Passo 5

Disponete i quattro switch logici con DCBA = 0010_2 e determinate quale è l'unico canale d'uscita fra i dieci canali d'uscita a stato logico 0.

Se la vostra risposta è il canale 2 al pin 3, è quella giusta. Controllate gli altri canali e dimostrate che sono tutti a stato logico 1.

Passo 6

A questo punto dovrebbe essere emerso un modello e sarete certo in grado di scrivere una tabella della verità che riassuma le vostre osservazioni sull'esperimento. Riempite la tabella della verità che segue:

Numero canale	D	C	B	A		Numero canale 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0	0	0		0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	1		1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
2	0	0	1	0		1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
3	0	0	1	1											
4	0	1	0	0											
5	0	1	0	1											
6	0	1	1	0											
7	0	1	1	1											
8	1	0	0	0											
9	1	0	0	1											

Ricordatevi che dovrete cambiare le disposizioni degli switch logici e poi provare tutti i canali d'uscita per determinare qual'è il canale a stato logico 0. Sappiamo di avervi dato questa tabella della verità durante la discussione prima dell'esperimento. Vogliamo soltanto che dimostriate a voi stessi che questa tabella della verità è la giusta rappresentazione dell'effettivo comportamento del chip 7442.

Passo 7

Utilizzando quattro switch logici è possibile generare sei stati binari (DCBA) addizionali. Questi stati corrispondono alle parole binarie 1010, 1011, 1100, 1101, 1110 e 1111. Disponete gli switch logici a ciascuno di questi stati a turno e dimostrate che non vi è più alcun canale a stato logico 0. Questa è la ragione per cui chiamiamo il chip 7442 un BCD-to-decimal decoder. Ci sono soltanto dieci valide condizioni d'uscita, da cui, la parola "decimale".

Domande

1. Perchè usiamo il termine BCD quando descriviamo il chip 7442 come BCD-to-decimal decoder?

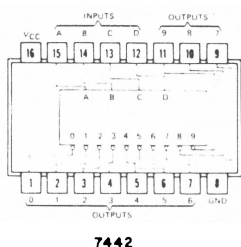
2. Quale sarà il pin d'uscita a stato logico 0 se applichiamo le seguenti parole binarie ai quattro pin d'uscita del chip 7442?

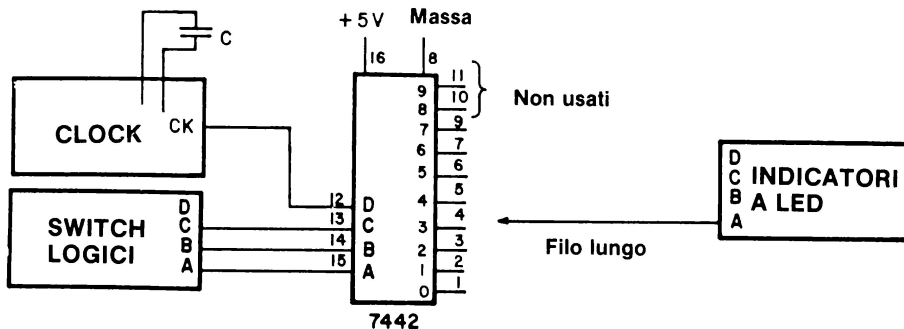
DCBA	*Numero del pin*
0100	
0111	
0011	
0001	
1001	

ESPERIMENTO N. 2

Scopo

Questo esperimento dimostra il funzionamento del chip 7442 come un demultiplexer 1 su 8.

Configurazione dei pin del circuito integrato

7442

Schema del circuito

Passo 1

Studiate attentamente lo schema e notate come il solo cambiamento rispetto all'Esperimento N. 1 è la sostituzione di un ingresso di clock al pin 12 del chip 7442. Il clock fornisce una sequenza d'impulsi di clock che agiscono come "dati d'ingresso" al chip. La domanda sperimentale a cui dovrete rispondere è:

A quale canale d'uscita apparirà questa sequenza d'impulsi di clock?

Passo 2

Collegate il circuito e applicate l'alimentazione al breadboard. Disponete i tre switch logici rimanenti CBA a stato logico 0, corrispondente alla parola binaria a tre bit CBA = 000_2 Quale ritenete che sia il canale d'uscita a cui apparirà la sequenza d'impulsi di clock che poi levata da un indicatore a LED collegato a quel canale? Scrivete la vostra risposta qui di seguito.

Se avete deciso per il canale 0 al pin 1 avete perfettamente ragione. Collegate l'indicatore a LED a questo canale e osservate che la luce va e viene, il che indica una sequenza di impulsi di clock (NOTA: Canale 8 al pin 10, è una risposta ugualmente corretta).

Passo 3

Quale sarebbe invece questo canale se i tre switch logici fossero disposti a CBA = 001_2? Provate.

Quando noi provammo questo esperimento, i dati in ingresso, una sequenza di impulsi di clock, apparvero al pin 2 che corrisponde al canale 1. Speriamo che anche voi osserviate lo stesso risultato. (NOTA: Canale 9 al pin 11 è una risposta altrettanto corretta).

Passo 4

Disponete i tre switch logici a CBA = 110_2 e determinate a quale canale appaiono ora i dati in ingresso.

La risposta giusta è il canale 6 al pin 7. Qual'è lo stato logico degli altri sette canali, cioè i canali da 0 a 5 e il canale 7?

Noi osservammo uno stato logico 1 per tutti e sette i canali. Anche voi, speriamo.

Passo 5

È di nuovo chiaro il modello? I risultati che avete osservato qui dovrebbero avere una forte rassomiglianza con quelli che avete osservato nell'esperimento precedente. Ora dovreste poter confermare una tabella come quella che vi abbiamo dato nella sezione descrittiva di questo Capitolo. Completate la tabella che segue con i canali d'uscita a cui appariranno i dati. *Notate che noi abbiamo mischiato gli stati degli ingressi di selezione; una risposta come 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 sarebbe sbagliata!*

Ingressi di Selezione C	B	A	*Canale d'uscita a cui appaiono i dati* Numero
1	1	0	
0	0	1	
0	1	0	
1	0	1	
0	1	1	
1	1	1	
0	0	0	0
1	0	0	

In conclusione avete dimostrato come trasmettere dati d'ingresso a uno qualsiasi di otto canali d'uscita differenti. I dati trasmessi non sono invertiti. Ogni canale fra gli otto canali d'uscita che non contenga dati è a stato logico 1. Noi chiamiamo questo processo "demultiplexing" e il relativo circuito un demultiplexer.

Domande

1. Definite, in parole vostre, il termine demultiplexer.

2. Come si costruisce un demultiplexer 1 su 4 per mezzo di un chip 7442? Scrivete il circuito nello spazio che segue.

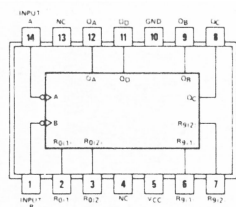
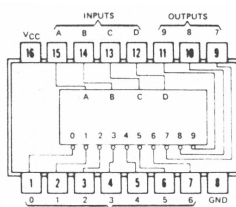
3. Scrivete una tabella della verità di un decoder 1 su 5.

C	B	A	0	1	2	3	4
0	0	0					
0	0	1					
0	1	0					
0	1	1					
1	0	0					
1	0	1					

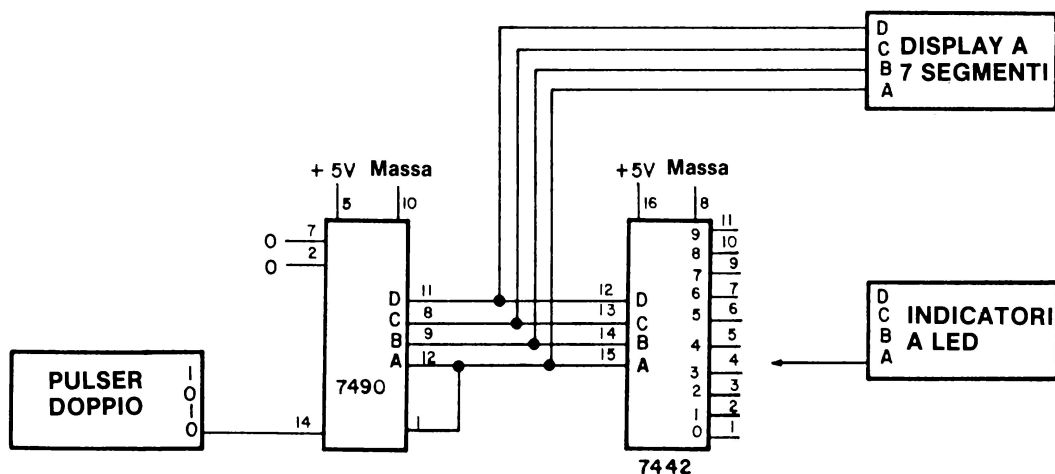
ESPERIMENTO N. 3

Scopo

Questo esperimento dimostra il funzionamento del chip 7442 come sequenziatore decimale (decade sequencer).

Configurazioni dei pin dei circuiti integrati

7490

7442

Schema del circuito

Passo 1

Collegate il circuito dello schema. Il nostro scopo qui è quello di dimostrare che potete sequenziare i dieci canali d'uscita del chip 7442 con l'ausilio di un contatore decimale 7490 applicato agli ingressi DCBA del chip 7442. Invece di usare un ingresso di clock al pin 14 del chip 7490, usate invece un generatore d'impulsi. Questo vi permette di rallentare la sequenza così che possiate osservare che cosa succede ai dieci canali d'uscita nel caso che lo vogliate.

Passo 2

Applicate l'alimentazione al breadboard e collegate l'indicatore a LED al canale 0 del chip 7442. Premete e rilasciate ripetutamente il pulser, cambiando così i numerali decimali sul display a LED a sette segmenti, fino a che l'indicatore a LED si spenga del tutto. Quando questo avviene che numero leggete sul display a LED?

Il nostro indicatore a LED si spense, corrispondendo a uno stato logico 0, quando apparve sul display uno zero decimale. E voi, avete osservato la stessa cosa?

Passo 3

Collegate ora l'indicatore a LED al canale 1 del chip 7442 (pin 2). Ciclate ancora una volta il contatore e fermatevi al punto in cui il lamp monitor si spegne ancora una volta. Quale numero appare sul readout del LED?

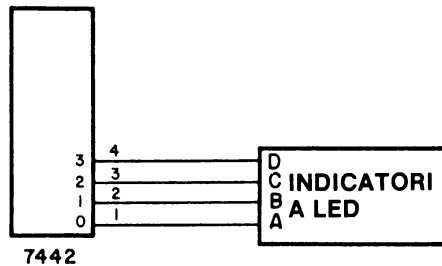
Dovrebbe essere un decimale.

Passo 4

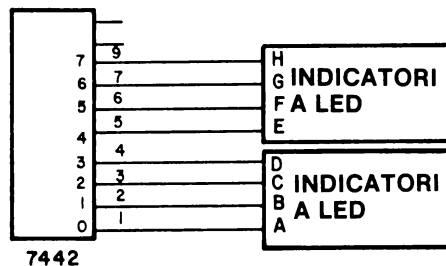
Collegate l'indicatore a LED al canale 7 al pin 9. Ciclate il contatore e fermatevi quando l'indicatore a LED si spegne. Quale numero decimale appare ora sul display?

Dovrebbe essere 7 decimale. Qual'è lo stato logico dell'indicatore a LED per gli altri nove numerali decimali? La vostra risposta dovrebbe essere 1 logico.

Passo 5

Dal momento che abbiamo 4 indicatori a LED, collegateli tutti ai canali 0, 1, 2 e 3 del chip 7442. Questo è indicato nello schema parziale che segue.

Fate i collegamenti indicati e applicate l'alimentazione al breadboard un'altra volta. Ciclate il contatore da 0 a 9 varie volte. Si spengono in ordine gli indicatori a LED, in altre parole, escono in sequenza? Rispondete si o no.

Passo 6

Spiegate cosa accadrebbe nel seguente schema parziale (la parte restante dello schema è quella di prima). Ci interessa sapere se gli otto indicatori a LED si spengono sequenzialmente o no.

Domande

1. Spiegate come agisce da sequenziatore il chip 7442 nell'esperimento che abbiamo appena eseguito. Come ricavate sperimentalmente il fatto che il chip funziona come un sequenziatore?

2. Che tipo di contatore sarebbe necessario se voleste fare un sequenziatore ottale del chip 7442? In altre parole, cosa dovrebbe fare il contatore perchè voi possiate osservare un sequenziatore ottale?

3. Che tipo di contatore servirebbe se voleste sequenziare fra i canali 0, 1, 2, 3 e 4?

4. Che tipo di contatore sarebbe richiesto nel caso voleste sequenziare fra i canali 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8?

ESPERIMENTO N. 4

Scopo

Questo esperimento dimostra come un chip 7442 può essere usato per effettuare una sequenza entro un qualsiasi numero di stati compreso fra due e nove.

Configurazioni dei pin dei circuiti integrati

7404 7490 7442

Schema del circuito

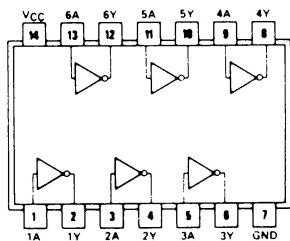
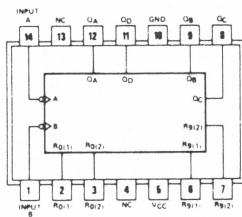
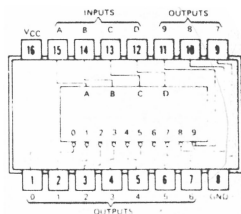
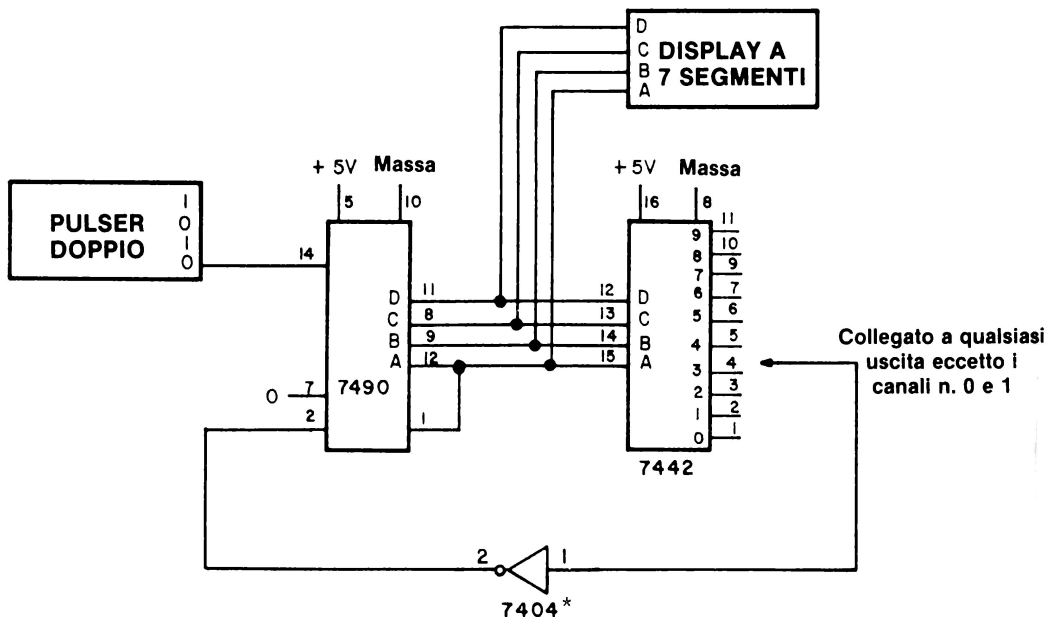
PULSER DOPPIO

DISPLAY A 7 SEGMENTI

+ 5V Massa

7490

7442

Collegato a qualsiasi uscita eccetto i canali n. 0 e 1

7404*

Passo 1

Questo è un circuitino molto pulito che potete usare molte altre volte in futuro. Vi permette di costruire un sequenziatore che effettua una sequenza fra un qualsiasi numero di canali compreso fra 2 e 9 diversi canali. Per esempio un sequenziatore di tre canali o di tre stati effettuerà una sequenza nel modo seguente: 0, 1, 2, 0, 1, 2, 0, 1, 2, 0, 1, 2,.....ecc.
Un sequenziatore di cinque canali effettuerà una sequenza come segue: 0, 1, 2, 3, 4, 0, 1, 2, 3, 4, 0, 1, 2, 3, 4,.... ecc.

Passo 2

Collegate il circuito come indicato e collegate il filo dal pin 1 del contatore invertitore 7404 all'uscita del pin 4 del decoder 7442. Applicate l'alimentazione al breadboard e scrivete la sequenza di conteggio che osservate sul display a LED a sette segmenti. Ricordate che dovete premere e rilasciare il pulser per fornire un clock al contatore 7490.

Noi abbiamo osservato le seguenti sequenze: 0, 1, 2, 0, 1, 2, 0, 1, 2, ecc.

Passo 3

Collegate ora il filo del pin 1 dell'invertitore al pin 5 dell'uscita del decoder 7442. La sequenza di conteggio dovrebbe essere adesso 0, 1, 2, 3, 0, 1, 2, 3, 0, 1, 2, 3, ecc. È questo il risultato che osservate?

Collegate il filo del pin 1 dell'invertitore 7404 al pin 7 del chip 7442. Qual'è ora la sequenza di conteggio?

Passo 4

Riempite la tabella che segue.

Pin 1 del Convertitore 7404 Collegato ai Seguenti Canali del Chip 7442	*Sequenza di Conteggio Osservata*
0	nessuna
1	nessuna
2	0, 1, 0, 1, ecc.
3	0, 1, 2, 0, ecc.
4	
5	
6	
7	
8	
9	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 0, ecc.

Domande

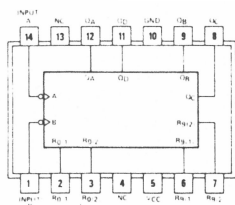
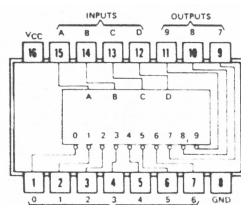
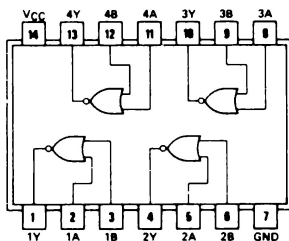
1. Sapreste dire come si costruisce un sequenziatore che conti fino a 37 decimale e ricicli indietro a 0 decimale? Avrete bisogno di più di un chip 7442 e di più di un contatore 7490. Scrivete qui di seguito il circuito che consigliate.

2. Spiegate in che modo il sequenziatore effettua una sequenza di otto canali e ha l'indicatore a LED che si illumina soltanto sul canale 5. Mostrate l'uscita del chip 7442 richiesta per questo circuito.

ESPERIMENTO N. 5

Scopo

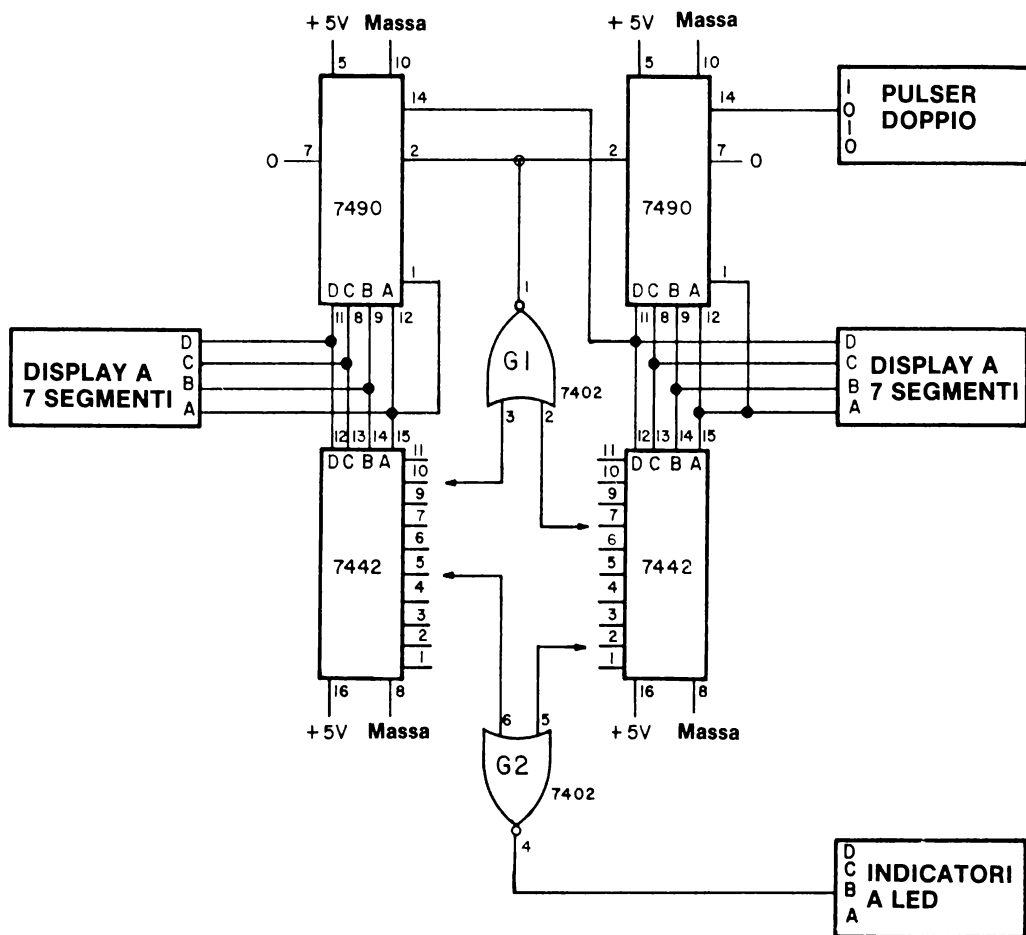
Questo esperimento dimostra in che modo due chip 7442 possono essere usati per effettuare una sequenza fra un numero qualsiasi di canali entro 99 diversi canali e per decodificare un solo canale dei 99. Questo esperimento è un po' più difficile della media degli esperimenti di questo Capitolo.

Configurazioni dei pin dei circuiti integrati

7490

7442

7402

5-E16

Schema del circuito

Passo 1

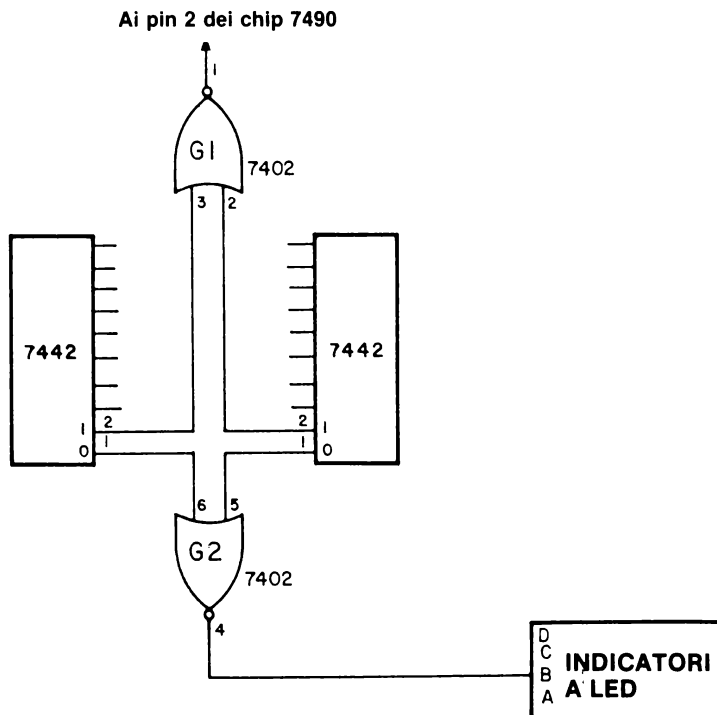
Studiate attentamente lo schema e notate che le due coppie di chip 7442 e 7490 sono collegate da un 7402 2-input positivo NOR gate. Quando l'uscita del pin 1 del gate G1 va a stato logico 1 entrambi i contatori 7490 sono a 0 decimale. Perchè questo avvenga i due ingressi al G1 ai pin 2 e 3 devono essere a stato logico 0.

Ad esempio, supponete di voler effettuare una sequenza fra i canali 0, 1, 2, 3,...37, 0, 1, 2, ...37, ecc. Le uscite dei due chip 7442 saranno a stato logico 0 soltanto a decimale 38, la qual cosa fa in modo che l'uscita del NOR gate G1 sia a 1 logico, azzerando così i due contatori decimali 7490 al pin 2 del chip. L'azzeramento dei contatori avviene molto rapidamente, così rapidamente che non riuscite a vedere il n° 38 sul display.

Il gate G2, anch'esso un 7402 2-input positivo NOR gate, funziona come un decoder semplice 1 su N, dove N è il numero dei canali fra i quali stiamo effettuando la sequenza. Quando un canale è decodificato, l'indicatore a LED si illumina; per tutti gli altri canali non decodificati, l'indicatore a LED resta spento.

Passo 2

Collegate il circuito indicato. Fatevi prestare un altro display a LED a sette segmenti per poter osservare numeri decimali da 0 a 99. Collegate il pin 2 del gate G1 al pin 2 del chip 7442 sulla destra del diagramma schematico; collegate il pin 3 del gate G1 al pin 2 del chip 7442 di sinistra. Infine, collegate i pin 5 e 6 del gate G2 ai pin 1 dei relativi chip 7442. Nella figura che segue sono indicati i collegamenti che dovrete eseguire.

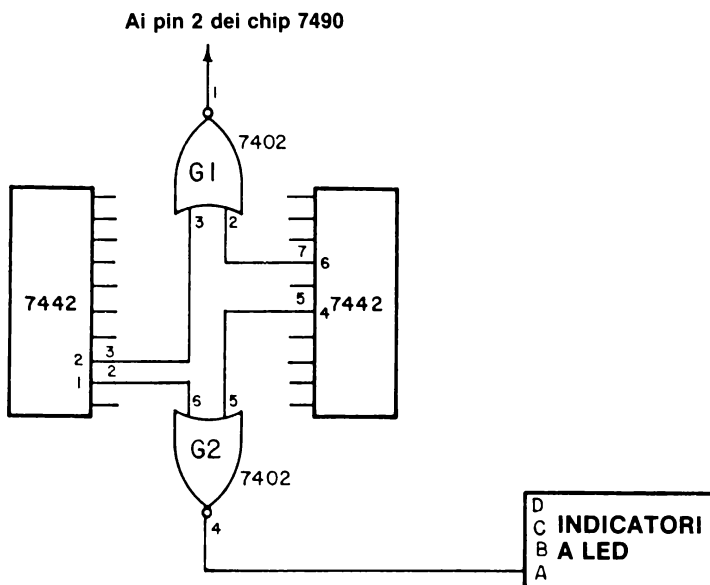
Ai pin 2 dei chip 7490

Passo 3

Applicate l'alimentazione al breadboard. I due display saranno probabilmente a 0 decimale, che corrisponde a 00_{10} e l'indicatore a LED dovrebbe essere illuminato. Premete e rilasciate il pulser fino ad ottenere una lettura di 10 decimale sui display a LED. Fermatevi un momento e controllate se l'indicatore a LED è spento. Premete e rilasciate il pulser un'altra volta. Quale lettura vedete sul LED display? L'indicatore a LED è acceso o spento?

Passo 4

Non vi daremo qui la risposta corretta. Il circuito che avete collegato è abbastanza semplice perchè riusciate a rispondere correttamente da soli. Se avete difficoltà consultate il vostro istruttore. Dovreste comunque essere in grado di stabilire che cosa deve accadere partendo dal diagramma schematico e dalla conoscenza del fatto che uno stato logico 1 al pin 2 del contatore 7490, nel caso che il pin 3 del chip 7490 venga lasciato scollegato, riporta il contatore decimale a 0 decimale.

Passo 5

Ora cambiate i collegamenti dei gate G1 e G2 come illustrato qui di seguito. Ricordatevi di staccare l'alimentazione mentre effettuate i cambiamenti.

Passo 6

Applicate l'alimentazione al breadboard. I due display a LED devono essere a 00. Premete e rilasciate ripetutamente il pulser fino a che l'indicatore a LED si illumina. Quando questo avviene, qual'è la lettura del display?

Nel nostro caso era 14 decimale. E nel vostro caso? Continuate a premere e rilasciare il pulser e prendete nota della lettura più alta sul display a LED prima che entrambi i display si riazzerino. Qual'è la lettura più alta?

La nostra fu una lettura di 25.

Vediamo di spiegare sia i nostri che i vostri risultati. Quando il display a LED è a 14, il pin 2 del chip 7442 sulla sinistra dello schema e il pin 5 sul chip 7442 sulla destra dello schema sono entrambi a stato logico 0. Due ingressi a 0 logico al gate G2 producono un'uscita a 1 logico al pin 4 che illumina l'indicatore a LED. Nel secondo caso, quando il contatore raggiunge 26, il pin 3 del chip 7442 di sinistra e il pin 7 del chip 7442 di destra sono entrambi a stato logico 0. Come per il gate G2, due ingressi a stato logico 0 al gate G1 producono un 1 logico all'uscita del pin 1 che è applicato (collegato) ai pin 2 dei due contatori 7490 che per questo si azzerano. L'azzeramento dei contatori avviene molto rapidamente; non riuscirete mai a vedere il 26 decimale sui display.

Riassumendo, sia per illuminare l'indicatore a LED che per azzerare i contatori occorre un 2-input positive NOR gate. La logica base del processo di decodificazione è la stessa per tutti e due i casi, soltanto le azioni prodotte sono diverse.

Domande

1. Disegnate lo schema parziale, come avete fatto nei Passi 2 e 5 più sopra, di un sequenziatore che produca una sequenza di 83 sui display e di un decodificatore che faccia illuminare l'indicatore a LED al canale 57. Potreste collegare il circuito da voi consigliato e dimostrare che funziona come avete stabilito.

2. Sarebbe possibile sostituire con un 7400 2-input positive NAND gate i gate G1 e G2? Perchè o perchè no?

3. Sarebbe possibile sostituire con un 7432 2-input positive OR gate i gate G1 e G2? Perchè o perchè no?

4. Se doveste sostituire con un gate il G1 e G2, quale preferireste fra il 7400 2-input positive NAND gate e il 7432 2-input positive OR gate? Perchè? Vi sarebbe d'aiuto se vi permettessimo di usare un invertitore 7404 con uno dei gate? Perchè?

5. Che tipo di gate vi occorrerebbe se voleste effettuare una sequenza fra 000 N, dove N è minore o uguale a 999?

ESPERIMENTO N. 6

Scopo

Questo esperimento dimostra il funzionamento del chip 74154 come semplice 4-line-to-16-line decoder.

Configurazioni dei pin dei circuiti integrati

7493

74154

Schema del circuito

DISPLAY A 7 SEGMENTI D C B A

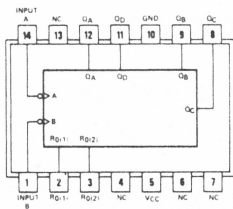
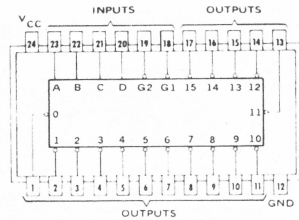
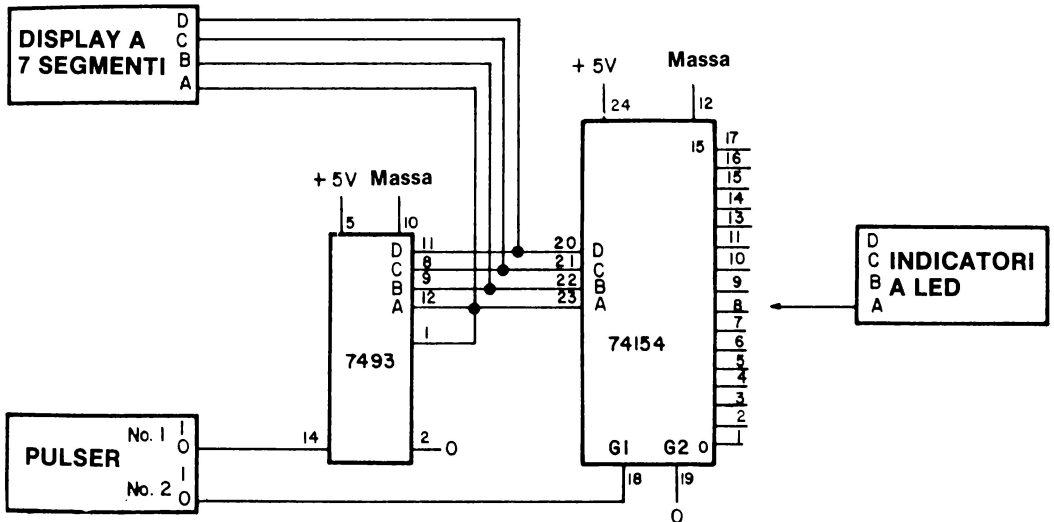
+ 5V Massa

7493

PULSER No. 1 No. 2

74154

G1 G2

INDICATORI A LED D C B A

Passo 1

Studiate attentamente lo schema dato per l'esperimento. Per il chip 74154, i numeri dei canali d'uscita sono all'interno della scatola, mentre i numeri dei pin sono all'esterno. Per eseguire l'esperimento vi occorre un solo indicatore a LED.

Passo 2

Collegate il circuito. Lasciate un filo lungo attaccato all'indicatore a LED non collegato; lo metterete in contatto con i canali d'uscita del chip 74154 per determinarne lo stato logico.

Passo 3

Collegate l'alimentazione al breadboard e l'indicatore a LED al pin 1 del chip 74154. Si è illuminato? Qual'è la lettura sul display a LED a sette segmenti?

Nel nostro caso l'indicatore a LED era illuminato e la lettura sul display a sette segmenti era 1 decimale. Probabilmente avrete un risultato leggermente diverso dal nostro.

Passo 4

Premere e rilasciare ripetutamente il pulser finchè sul display appare il decimale 0. L'indicatore a LED è acceso o spento?

Dovrebbe essere spento!

Passo 5

Premete e rilasciate ripetutamente il pulser per determinare se l'indicatore a LED si spegne per un qualsiasi altro numero decimale o simbolo di display fra 0000 binario e 1111 binario.

Nel nostro caso, l'indicatore a LED restava spento soltanto quando sul display vi era una lettura di 0 decimale. Per tutte le altre letture sul display l'indicatore a LED restava illuminato! Possiamo concludere quanto segue:

- Il canale 0 è a stato logico 0 soltanto quando DCBA = 0000, il che corrisponde a una lettura sul display a sette segmenti di 0 decimale.

Passo 6

Collegate ora l'indicatore a LED al pin 2 del chip 74154. A quale lettura sul display si spegne l'indicatore a LED?

Il nostro indicatore a LED si spegneva soltanto quando sul display avevamo una lettura di 1 decimale, che corrispondeva a DCBA = 0001.

Passo 7

Collegate l'indicatore a LED al pin 3 del chip 74154. A quale lettura sul display a LED è spento l'indicatore a LED?

Per una lettura sul display di 2 decimale, corrispondente a DCBA = 0010, il pin 3 è a stato logico 0.

Passo 8

Compilate la tabella della verità del chip 74154. Per ottenere gli stati logici giusti procedete come per i Passi da 4 a 7.

Ingressi				*Canali di Uscita*																*Numerale o Simbolo*
D	C	B	A	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
0	0	1	1																	3
0	1	0	0																	4
0	1	0	1																	5
0	1	1	0																	6
0	1	1	1																	7
1	0	0	0																	8
1	0	0	1																	9
1	0	1	0																	⊏
1	0	1	1																	⊐
1	1	0	0																	L
1	1	0	1																	Ξ
1	1	1	0																	⊑
1	1	1	1																	blank

Vi abbiamo dato una mano per questa tabella compilando le prime tre file.

Passo 9

Per completare la vostra piena comprensione del chip 74154, dovete determinare la funzione degli ingressi G1 e G2 ai pin 18 e 19. Questi sono due ingressi di gate, e determinano se i decodificatori funzionano correttamente.

Collegate l'indicatore a LED al pin 1 e disponete G1 e G2 a stato logico 0. L'indicatore a LED dovrebbe spegnersi soltanto quando appare sul display un numerale decimale 0.

Variate ora gli stati logici di G1 e G2 e determinate se l'indicatore a LED collegato al pin 1 si spegne per altre condizioni oltre a quella di DCBA = 0000 e G1 = G2 = 0.

Dovreste notare che il decoder è disabilitato, cioè inattivo, quando G1 e G2 hanno valori diversi da uno stato logico 0 in comune. Possiamo scrivere la seguente tabella della verità:

G1	*G2*	*Condizione del decoder*
0	0	abilitato
0	1	disabilitato
1	0	disabilitato
0	1	disabilitato

Con "disabilitato" intendiamo dire che non ci sono valori di DCBA fra 0000 e 1111 per i quali l'indicatore a LED da un qualsiasi canale d'uscita sia a stato logico 0.

Domande

1. Definite i termini "abilitare" e "disabilitare".

2. Quali gate logici hanno uno stato d'uscita unico quando gli ingressi sono a stato logico 0? Vi sono due gate con queste caratteristiche.

3. Come fareste un sequenziatore programmabile usando un chip 74154 ed il contatore binario 7493?

ESPERIMENTO N. 7

Scopo

Questo esperimento dimostra come il chip 74154 può venire utilizzato per effettuare una sequenza fra un numero qualsiasi di stati compresi fra due e quindici. Questo sequenziatore viene chiamato *sequenziatore programmabile*. Questo esperimento è simile all'Esperimento N. 4 di questo Capitolo.

Configurazioni dei pin dei circuiti integrati

7404 7493 74154

Schema del circuito

DISPLAY A 7 SEGMENTI

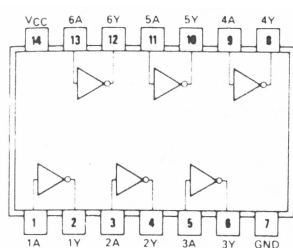
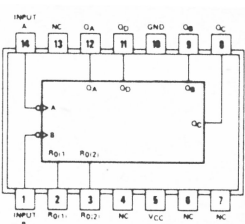
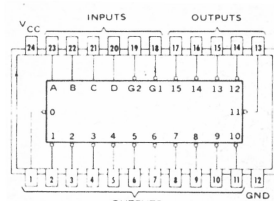
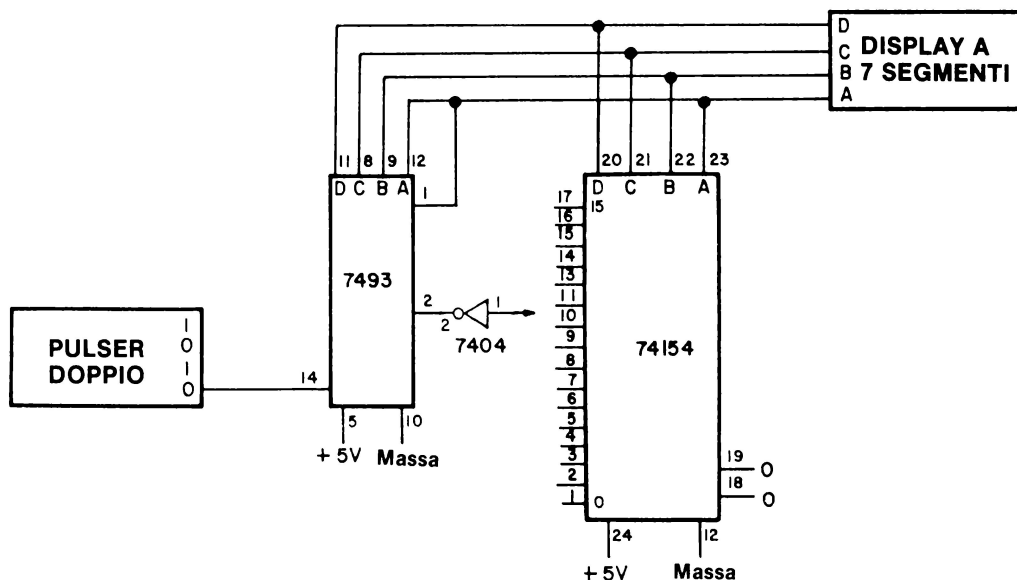
PULSER DOPPIO

7493

7404

74154

+ 5V Massa

+ 5V Massa

Passo 1

Notate come lo schema del circuito è essenzialmente uguale a quello dato per l'Esperimento N. 6. L'unica variazione consiste nel fatto che l'indicatore a LED non è più necessario e che il pin 2 del contatore 7493 è collegato a uno dei canali d'uscita del chip 74154.

Passo 2

Collegate il circuito. Collegate il pin 2 del chip 7493 al pin 2 dell'invertitore 7404 e il pin 1 dell'invertitore al pin 3 del chip 74154.

Passo 3

Collegate l'alimentazione al breadboard e premete e rilasciate varie volte il pulser. Nello spazio che segue, spiegate che cosa avviene.

Passo 4

Collegate il pin 1 del 7404 al pin 5 del 74154. Premete e rilasciate ripetutamente il pulser e spiegate che cosa osservate sul display a LED nello spazio che segue.

Fra quanti diversi stati state effettuando la sequenza?

Passo 5

Collegate il pin 1 del chip 7404 al pin 13 del chip 74154. Scrivete il numero dei diversi stati del nuovo sequenziatore da voi costruito. Ricordate che 0 decimale è uno stato a parte.

Passo 6

È chiaro che siete in grado di programmare il numero di stati entro i quali effettuare la sequenza. Potete effettuare la sequenza entro un numero minimo di due stati e un massimo di sedici!

Domande

1. Che cosa si intende con "sequenziatore programmabile". Come si programma il sequenziatore.

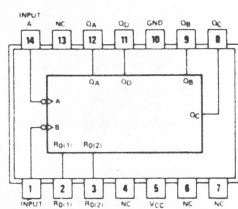
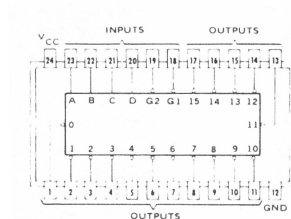
2. Perchè avete utilizzato il contatore binario 7493 invece del contatore decimale 7490 in questo esperimento?

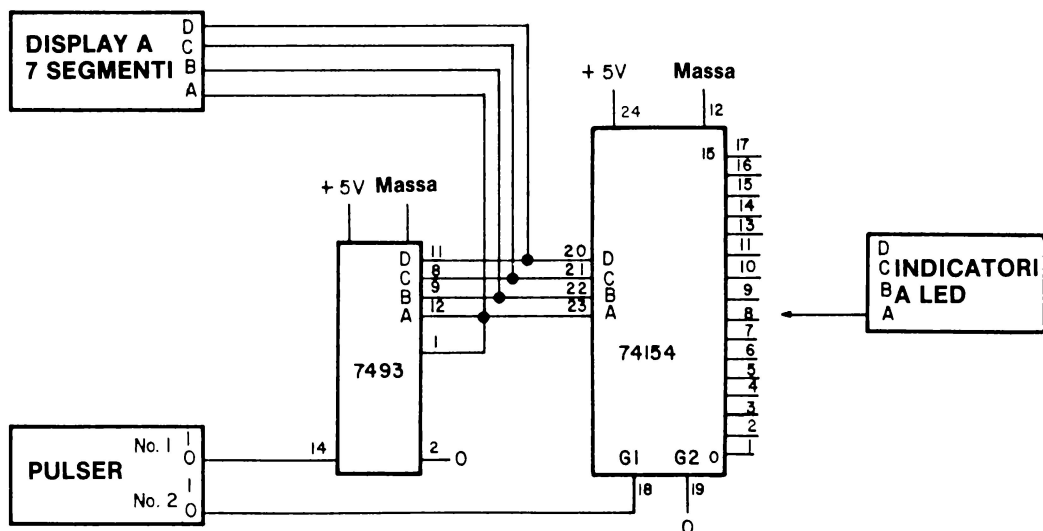
3. Sarebbe possibile utilizzare il contatore decimale 7490 in questo esperimento? Se lo utilizzaste, quali limitazioni riscontrereste nel sequenziatore programmabile?

ESPERIMENTO N. 8

Scopo

Questo esperimento dimostra il funzionamento del chip 74154 come demultiplexer 1 su 16.

Configurazioni dei pin dei circuiti integrati

7493

74154

Schema del circuito

Passo 1

Studiate lo schema e notate quanto segue:

- Il pulser n° 1 seleziona il canale d'uscita del chip 74154 al quale appaiono i dati dell'ingresso G1 (pin 18).
- Il pulser n° 2 rappresenta i dati d'ingresso, cioè una sequenza variabile di stati logici 0 e 1. Questo pulser potrebbe essere sostituito anche da un clock. Notate che i dati di ingresso sono immessi a G1.
- Il canale d'uscita sul quale appaiono i dati d'ingresso appare sul display a LED a sette segmenti.
- Avete una scelta di 16 canali d'uscita ai quali dirigere i dati d'ingresso di G1. Questa è la ragione per cui chiamiamo questo circuito 1 su 16.
- I dati d'ingresso appariranno soltanto a quel canale d'uscita che selezioneremo per mezzo del contatore binario 7493. L'uscita sarà a stato logico 1 in tutti gli altri canali.
- I dati di ingresso appaiono al canale d'uscita prescelto senza inversione.

Passo 2

Collegate il circuito senza l'alimentazione al breadboard. Notate che il circuito è quasi uguale ai circuiti degli Esperimenti 6 e 7.

Passo 3

Applicate l'alimentazione al breadboard. Collegate l'indicatore a LED al canale d'uscita 0 al pin 1 del chip 74154. Effettuate la sequenza fra i 16 canaii d'uscita fino a che il canale 0 appare sul display a LED a sette segmenti. Usate il pulser n° 1 per effettuare questa sequenza.

Ora premete e rilasciate ripetutamente il pulser n° 2. Se avete collegato il circuito in maniera corretta, dovreste osservare che l'indicatore a LED segue gli stati logici del pulser, che è il "dato d'ingresso" al demultiplexer. In altre parole, i dati d'ingressi a G1 appaiono ora al canale d'uscita 0.

Passo 4

Dovete ora verificare se i dati di ingresso appaiono su qualche altro canale. Scollegate il filo dell'indicatore a LED dal pin 1 e fategli fare un contatto con i pin da 2 a 11 e da 13 a 17 in successione mentre premete e rilasciate varie volte il pulser n° 2. Il risultato deve essere un indicatore a LED spento su tutti i canali, eccetto il canale 0.

Passo 5

Collegate ora l'indicatore a LED al canale d'uscita 4 al pin 5 del chip 74154. Premete e rilasciate più volte il pulser n° 2 mentre effettuate una sequenza sui canali d'uscita dal canale 00 al canale 15. A quale canale d'uscita del chip 74154 vedete ora i dati d'ingresso di G1?

Passo 6

Collegate l'indicatore a LED al pin 15 del chip 74154. Premete e rilasciate ripetutamente il pulser n° 2 mentre effettuate una sequenza sui canali d'uscita dal canale 00 al canale 15 con il pulser n° 1? A quale canale d'uscita del chip 74154 osservate ora i dati d'ingresso? Scrivete il numerale o il simbolo sul display a LED nello spazio che segue e poi convertitelo nel numero di canale corretto.

Passo 7

Un demultiplexer è un dispositivo digitale che dirige informazioni da un singolo ingresso a una fra molte uscite. Vi risulta chiaro che il circuito che avete collegato agisce come un demultiplexer 1 su 16? Se la risposta a questa domanda è no allora dovete ripetere l'esperimento.

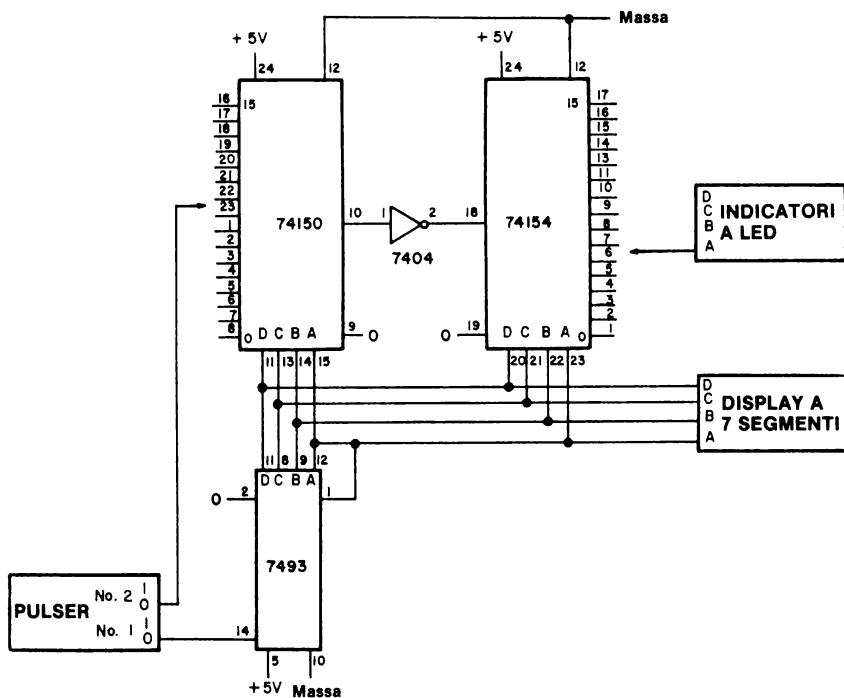
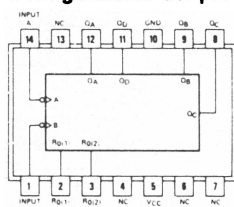
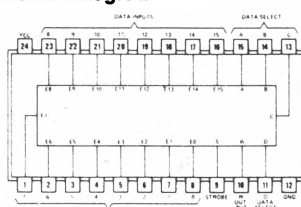
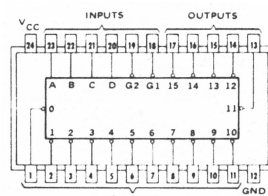
Domande

1. Sulla base dei circuiti descritti negli Esperimenti 6, 7 e 8, disegnate uno schema di circuito per un demultiplexer 1 su 13. Usate lo spazio che segue per il vostro circuito. Consiglio: dovrete avere l'abilità di effettuare una sequenza fra tredici stati diversi. Indicate i numeri di pin corretti nel vostro circuito e fatelo il più semplice possibile.

ESPERIMENTO N. 9

Scopo

Questo esperimento dimostra il funzionamento sia di un multiplexer 1 su 16 sia di un demultiplexer 1 su 16. I chip 74154 e 74150 sono entrambi utilizzati in questo circuito e sono entrambi collegati allo stesso contatore binario 7493, producendo così un multiplexer/demultiplexer sequenziato.

Schema del circuito

Configurazioni dei pin dei circuiti integrati

Passo 1

Nel suddetto schema dovete notare che:

- Il multiplexer 74150 e il demultiplexer 74154 sono *sincronizzati*, cioè i canali sono sequenziati dallo stesso contatore binario 7493.
- Il pulser n° 2 è il "dato d'ingresso" al sistema multiplexer/demultiplexer.
- Il pulser n° 1 seleziona i due particolari canali sui quali i dati devono essere trasmessi. Se, per esempio, i dati d'ingresso sono immessi al canale 5 del multiplexer, escono dal canale 5 del demultiplexer. Possono essere selezionati sedici canali fra il canale 00 e il canale 15.
- L'invertitore 7404 è necessario per essere certi che i dati d'ingresso partano dal demultiplexer come uscite normali (nel senso di non invertite).

Passo 2

Collegate il circuito come in figura. Dovrebbe starci in un solo breadboard SK-10. Applicate l'alimentazione al breadboard. Collegate il pulser n° 2 al pin 8 del chip 74150. Collegate l'indicatore a LED al pin 1 del chip 74154. Effettuate la sequenza sul contatore 7493 finchè lo 0 decimale appare sul display a LED. Premete e rilasciate diverse volte il pulser n° 2 e osservate se l'indicatore a LED "segue" gli stati logici del pulser. In altre parole, state trasmettendo dati d'ingresso attraverso il multiplexer 74150, l'invertitore 7404 e il demultiplexer 74154 all'uscita del canale 5. Se non avete questo risultato controllate il vostro collegamento.

Passo 3

Collegate ora il pulser n° 2 al pin 7 del chip 74150 e l'indicatore a LED al pin 2 del chip 74154. Effettuate una sequenza sul contatore 7493 finchè appare un 1 decimale sul display. Premete e rilasciate ripetutamente il pulser n° 2 e osservate di nuovo se l'indicatore a LED A lampeggia. Avete così selezionato il canale 1 quale vostro canale di trasmissione dati.

Passo 4

Dovreste essere in grado, a questo punto, di sapere come selezionare uno qualsiasi dei sedici canali di trasmissione dati nel circuito. Semplicemente effettuate una sequenza sul contatore 7493 finchè raggiungete il numero giusto del canale, collegate il pulser 2 e l'indicatore a LED A ai relativi pin dei chip 74150 e 74154 e trasmettete i vostri dati.

Domande

1. Volete inviare dei dati al canale 11 del sistema multiplexer/demultiplexer. A quale pin d'ingresso del chip 74150 collegate il pulser n° 2? A quale pin d'uscita del chip 74154 collegate l'indicatore a LED A.

2. Ripetete la domanda n° 1, questa volta per il canale 6.

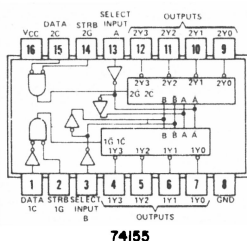
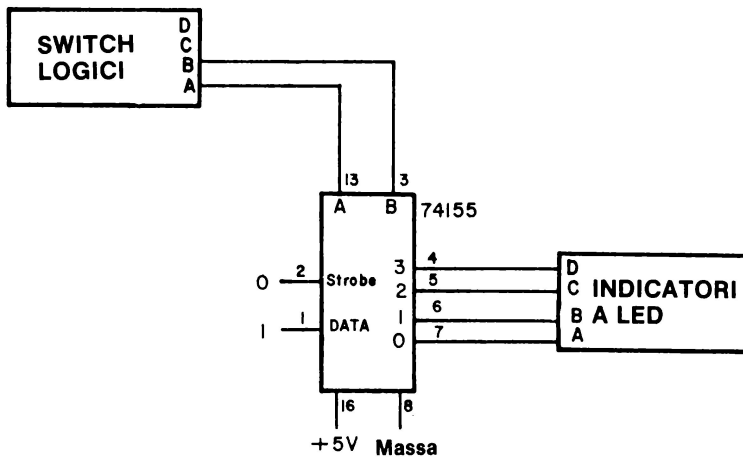
3. Ripetete la domanda n° 1, questa volta per il canale 15.

4. Ripetete la domanda n° 1, questa volta per il canale 3.

ESPERIMENTO N. 10

Scopo

Questo esperimento dimostra il funzionamento del chip 74155 come un 2-line-to-4-line decoder.

Configurazione dei pin del circuito integrato

Schema del circuito

Passo 1

Collegate il circuito come indicato. Il vostro obiettivo è quello di produrre uno stato logico 0 ai quattro canali d'uscita del chip 74155.

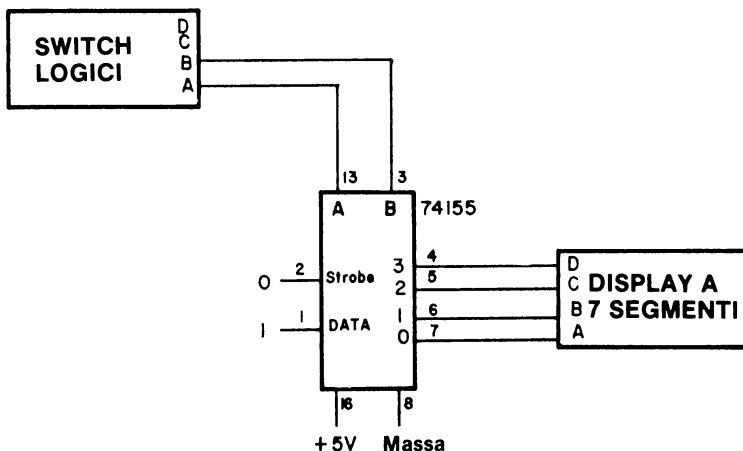
Passo 2

Applicate l'alimentazione al breadboard. Variando gli stati logici degli ingressi di selezione A e B, determinate gli stati logici dei quattro canali d'uscita e compilate la seguente tabella della verità. Notate che questa volta abbiamo utilizzato la notazione del canale d'uscita 0123, invece di DCBA. Il canale 0 viene indicato come 1Y0 sulla configurazione dei pin del chip.

B	A	0	1	2	3
0	0				
0	1				
1	0				
1	1				

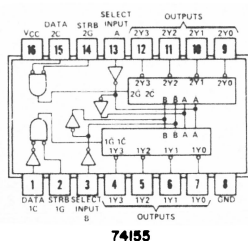
Domande

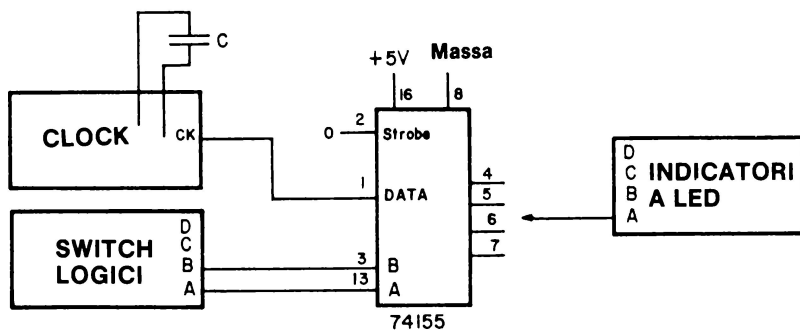
1. Supponete che il suddetto decoder 74155 sia collegato a un display a LED a sette segmenti, invece che a quattro indicatori a LED. Osservate lo schema che diamo qui di seguito, e scrivete i numerali o simboli che pensate appariranno sul display. Se volete, eseguite l'esperimento per verificare le vostre previsioni.

B	A	*Numerale o Simbolo*
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

ESPERIMENTO N. 11

Scopo

Questo esperimento dimostra il funzionamento del chip 74155 come un demultiplexer 1 su 4.

Configurazione dei pin del circuito integrato

74155

Schema del circuito

Passo 1

L'oggetto di questo esperimento è rilevare gli impulsi di clock che utilizza l'indicatore a LED collegato a uno dei quattro canali d'uscita del chip 74155. Gli switch logici A e B determinano a quale canale appaiono i dati.

Passo 2

Collegate il circuito come indicato. Lasciate un filo lungo dall'indicatore a LED non collegato. Verrà inserito nei pin 4, 5, 6 o 7.

Passo 3

Disponete B=A=0 e determinate a quale canale d'uscita appaiono i dati, nel nostro caso, una sequenza d'impulsi di clock.

Nel nostro caso i dati apparivano al pin 7, corrispondente al canale 0.

Passo 4

Disponete ora B=A=1 e determinate nuovamente a quale canale d'uscita compariranno i dati.

Noi osservammo che i dati apparivano al pin 4 corrispondente al canale 3.

Passo 5

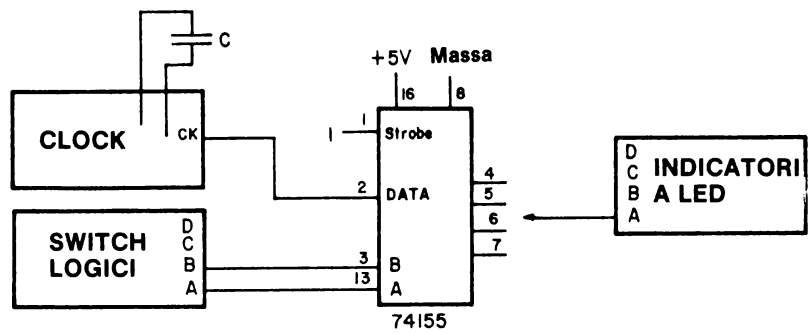
Riempite la seguente tabella della verità. Inserite il numero del canale al quale appaiono i dati nella colonna all'estrema destra.

B	A	*Numero del Canale*
0	0	0
0	1	
1	0	
1	1	3

Passo 6

Rallentate gli impulsi di clock in modo che possiate determinare se i dati compaiono al canale d'uscita in forma normale o invertita. Scrivete se i dati sono invertiti o normali nello spazio qui di seguito.

Passo 7

Ora, ricollegate i pin 1 e 2 del circuito integrato 74155. Il nuovo schema è indicato di seguito.

Passo 8

Compilate la tabella della verità che segue. Inserite anche qui il numero del canale al quale appaiono i dati nella colonna all'estrema destra.

B	A	*Numero Canale*
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

Passo 9

Rallentate gli impulsi di clock e stabilite se i dati appaiono al canale d'uscita in forma normale o invertita. Scrivete la parola "normale" o "invertita", secondo il caso, nello spazio che segue.

Passo 10

Ritenete che i due circuiti funzionino nello stesso modo o che siano diversi? Se sono diversi, qual'è la differenza fra loro da voi osservata?

Passo 11

Spiegate la funzione dell'ingresso di STROBE al pin 2 nello spazio che segue.

Passo 12

Spiegate la funzione dell'ingresso dei dati al pin 1 nello spazio che segue.

Domande

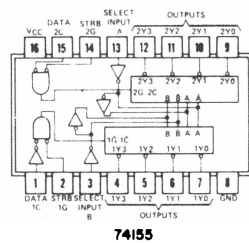
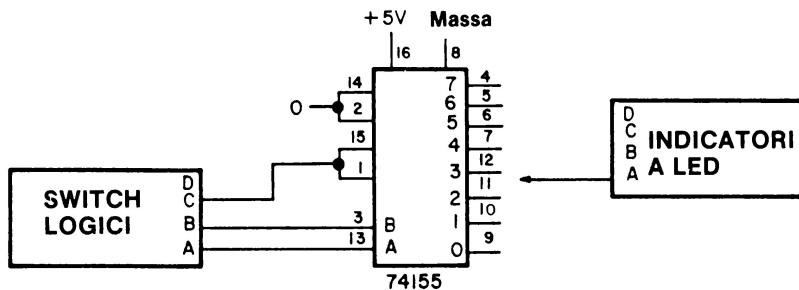
1. Completate la seguente tabella della verità. L'entrata "X" sta ad indicare che sono accettabili sia uno stato logico 0 che uno stato logico 1

		Ingressi					
SELECT		STROBE	DATA	*Uscite*			
B	A	1G	1C	0	1	2	3
X	X	1	X				
0	0	0	1				
0	1	0	1				
1	0	0	1				
1	1	0	1				
X	X	X	0				

ESPERIMENTO N. 12

Scopo

Questo esperimento dimostra il funzionamento del chip 74155 in qualità di un 3-line-to-8-line decoder.

Configurazione dei pin del circuito integrato

Schema del circuito

Passo 1

Studiate attentamente il circuito. Notate come i due ingressi dei dati ai pin 1 e 15 sono collegati fra loro e poi collegati allo switch logico C.

I due ingressi di STROBE sono legati insieme e quindi collegati a massa.

Passo 2

Collegate il circuito. Lasciate oscillare un filo lungo dall'indicatore a LED. In seguito, eseguirete il test dello stato logico degli otto canali d'uscita per mezzo di questo filo.

Passo 3

Disponete CBA=000 e determinate quale canale d'uscita va a stato logico 0.
Dovrebbe risultare il pin 9, corrispondente al canale 0.

Disponete ora CBA=001 e determinate ancora una volta quale canale d'uscita va a stato logico 0.
Dovrebbe essere il pin 10 e pertanto il canale d'uscita 1.

Passo 4

Completate la seguente tabella della verità. Dovrete determinare lo stato logico dei rimanenti canali d'uscita oltre al canale che va a stato logico 0.

C	B	A	0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	0	0							
0	0	1		0						
0	1	0								
0	1	1								
1	0	0								
1	0	1								
1	1	0								
1	1	1								

Assicuratevi che i pin dati dallo schema corrispondano ai canali d'uscita giusti.

Domande

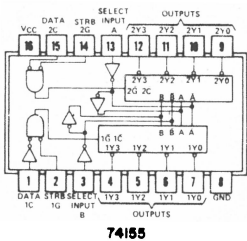
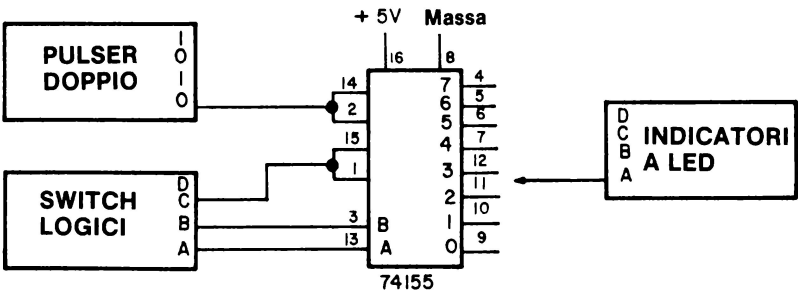
1. Potete spiegare perchè è stato necessario collegare insieme i due ingressi dei dati dei pin 1 e 15? Perchè, in questo modo, essi possono funzionare come terzo ingresso di selezione, cioè switch logico C?
   Questa non è una domanda facile.

ESPERIMENTO N. 13

Scopo

Questo esperimento dimostra il funzionamento del chip 74155 in qualità di un 1-of-8 demultiplexer.

Configurazione dei pin del circuito integrato

74155

Schema del circuito

Passo 1

Collegate il circuito come viene indicato. Dovrete cercare di rilevare una serie di impulsi prodotta dal generatore d'impulsi ai canali d'uscita.
L'indicatore a LED vi servirà da rilevatore.

Passo 2

Disponete CBA=000, premete e rilasciate ripetutamente il pulser e stabilite a quale canale d'uscita appaiono i dati. I dati dovrebbero apparire al canale 0, che corrisponde al pin 9.

Passo 3

Disponete CBA=001 e ripetete la prova del Passo 2. Dove appaiono ora i dati?

Passo 4

Disponete CBA=010 e ripetete la prova del Passo 2 una terza volta. È al canale 2 che appaiono i dati?

Passo 5

Completate la tabella della verità che segue. Scrivete soltanto il numero del canale nella colonna in cui appaiono i dati.

C	B	A	*Numero Canali*
0	0	0	*0*
0	0	1	*1*
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

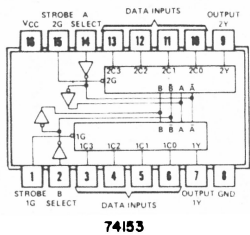
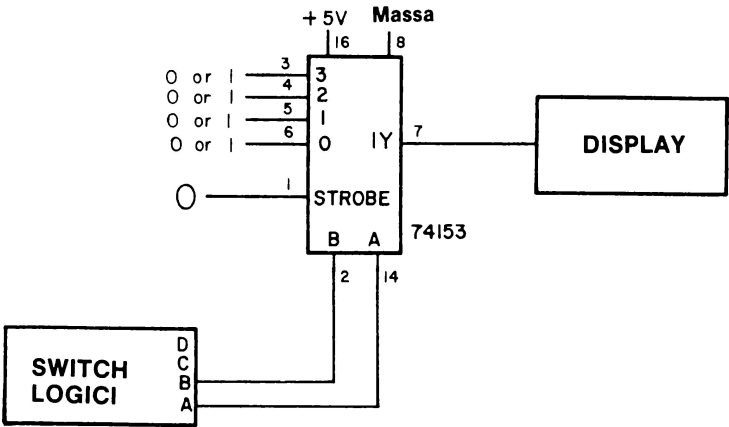
Domande

1. Confrontate gli Esperimenti N. 12 e 13. Perchè è possibile fare, da un lato, un 3-line-to-8-line decoder, e dall'altro, un 1-of-8 demultiplexer?
   Quali espedienti dovete adottare per ottenere questo? Dovete avere un ingresso o un gruppo di ingressi in più per ottenere un demultiplexer da un decoder? Fornite una spiegazione dettagliata.

ESPERIMENTO N. 14

Scopo

Questo esperimento dimostra come si può costruire un qualsiasi gate positivo a due ingressi per mezzo del 74153 4-line-to-1 line data selector/multiplexer.

Configurazione dei pin del circuito integrato

Schema del circuito

Passo 1

Utilizzando un set di switch logici, un display e un breadboard SK-10, collegate il circuito dello schema. Noterete che saranno impiegati soltanto due dei quattro switch logici disponibili. Usate fili corti per i quattro pin d'ingresso dei dati: questi fili saranno collegati a +5 V o a massa nel corso dell'esperimento. Inoltre, verrà utilizzato uno soltanto dei due data selector/multiplexer del chip 74153.

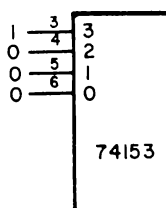
Passo 2

Per ottenere informazioni su come gli "ingressi di selezione" effettivamente selezionano uno dei quattro pin di ingresso dei dati, studiate molto attentamente la tabella della verità che diamo qui di seguito.

B	A	*Selettore di Ingressi*	*Numero di Pin*
0	0	0	6
0	1	1	5
1	0	2	4
1	1	3	3

Pertanto, se A=B=0, selezionate l'ingresso al pin n° 6 del chip 74153.
Se A=0 e B=1, selezionate l'ingresso al pin n° 4. Potete selezionare quattro ingressi diversi usando una combinazione di A e B.

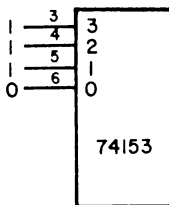
Passo 3

Cominciamo con il collegare un AND gate positivo a due ingressi. Disponete i pin 4, 5 e 6 a stato logico 0 e il pin 3 a stato logico 1 come illustrato nello schema che segue.

Collegate l'alimentazione al breadboard e determinate sperimentalmente la seguente tabella della verità monitorando l'uscita del pin 7 su un display.

B	A	Q
0	0	0
0	1	
1	0	
1	1	

Se l'esperimento è stato collegato bene, dovreste ottenere una tabella della verità di un AND gate positivo a 2 ingressi.

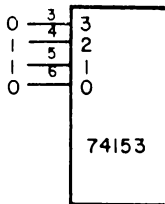
Passo 4

Colleghiamo ora un OR gate positivo a due ingressi. Disponete il pin 6 a stato logico 0 e i pin 3, 4 e 5 a stato logico 1, come è indicato qui di seguito. (ALT! Vi ricordate sempre di effettuare i collegamenti con l'alimentazione staccata?)

Applicate l'alimentazione al breadboard e completate la tabella della verità di un OR gate positivo a due ingressi.

B	A	Q
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

Se l'esperimento ha un collegamento corretto, lo stato di A=B=0 deve produrre un'unica uscita, Q.

Passo 5

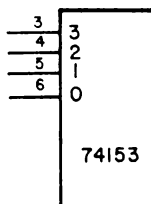
Come terzo esempio,, vediamo di collegare un EXCLUSIVE OR gate a due ingressi. Seguite lo schema che segue per quanto riguarda i pin da 3 a 6.

Completate la seguente tabella della verità basandovi sui vostri risultati sperimentali utilizzando diverse combinazioni di switch logici e un display.

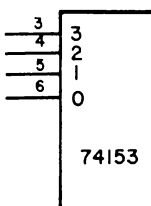
B	A	Q
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

Passo 6

Nello spazio che segue, completate lo schema dei collegamenti per i pin di ingresso del chip 74153 corrispondenti all'insolita tabella della verità che diamo qui di seguito.

B	A	Q
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	0

Aggiungete soltanto gli stati logici dei pin da 3 a 6.

Passo 7

Allo stesso modo, completate lo schema dei collegamenti di un NAND gate positivo a due ingressi. Non c'è bisogno di rifare l'esperimento.

A questo punto, potete concludere che si può creare uno qualsiasi di sedici diversi tipi di gate utilizzando un 74153 4-line-to-1-line data selector/multiplexer. Cinque di questi gates vi sono ben noti: AND, NAND, OR, NOR e l'EXCLUSIVE OR a due ingressi. Gli altri undici gate a due ingressi sono poco usati e raramente vi verrà richiesto di crearne uno.

B	A																
0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabella 5-1. Tabella della verità composita, nella quale si rappresentano 16 tipi di gate possibili con l'uso di due soli ingressi. I 16 gruppi di quattro stati logici, rappresentano i sedici gruppi di uscite Q corrispondenti ai sedici gate.

Domande

1. Nella Tabella 5-1, abbiamo elencato i sedici tipi di gate possibili con l'uso di due soli ingressi, ognuno dei quali è a stato logico 0 o a stato logico 1. In quella Tabella, identificate i seguenti gate:

   - 2-input positive AND gate
   - 2-input positive NAND gate
   - 2-input positive OR gate
   - 2-input positive NOR gate
   - 2-input EXCLUSIVE OR gate
   - un gate con un'uscita che sia il complemento di un 2-input EXCLUSIVE OR gate.

   Tutti questi gate possono essere "creati" per mezzo di un 74153 data selector/multiplexer.

2. Che cos'è un selezionatore di dati? Cercate di rispondere a questa domanda usando il senso e le informazioni che avete ricavato da questo esperimento.

3. Definite, in parole vostre, il termine "multiplexer"

4. Che cosa accadrebbe durante questo esperimento se l'ingresso di STROBE al pin 1 fosse a stato logico 1?

5. Potreste dire come si potrebbe creare un gate a due ingressi usando fino a due invertitori e un 2-line-to-1-Line data selector/multiplexer? Questa è una domanda abbastanza difficile e insidiosa, quindi non cercate di rispondere se non avete abbastanza tempo per farlo.

ESPERIMENTO N. 15

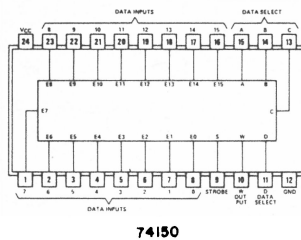
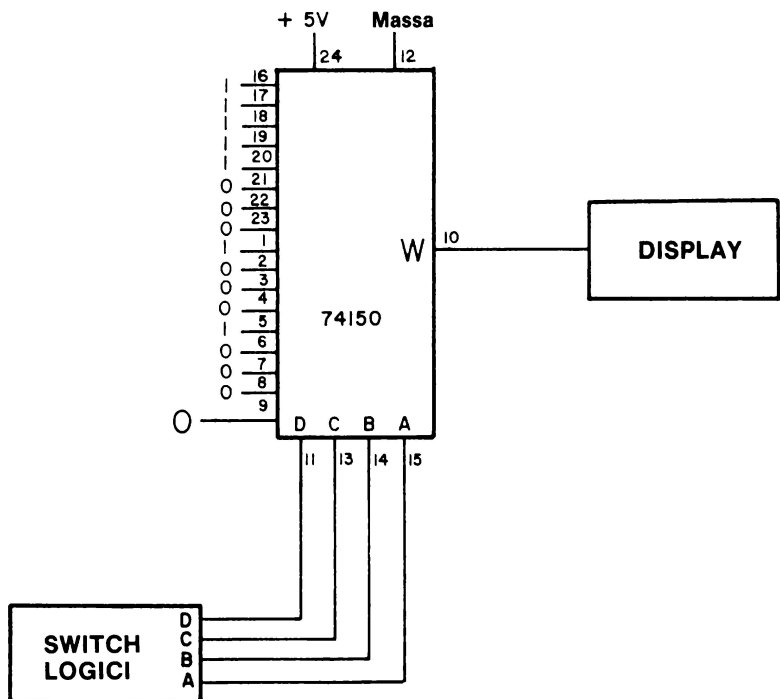
Scopo

Questo esperimento consente di realizzare un 2-input 2-wide AND-OR-INVERT gate utilizzando un chip 74150 16-line to 1-line data selector/multiplexer.

Configurazione dei pin del circuito integrato

74150

Schema del circuito

+ 5V
Massa
24
12
74150
W
10
DISPLAY
D C B A
11 13 14 15
SWITCH LOGICI
D C B A

Passo 1

Con l'alimentazione staccata dal breadboard, collegate il circuito dello schema. Adoperate il primo display che avete sotto mano.

Passo 2

Alimentate il breadboard e variate le disposizioni degli switch logici.
Annotate lo stato logico del display in ciascuno caso e completate la seguente tabella della verità.

D	C	B	A	Q
0	0	0	0	
0	0	0	1	
0	0	1	0	
0	0	1	1	
0	1	0	0	
0	1	0	1	
0	1	1	0	
0	1	1	1	
1	0	0	0	
1	0	0	1	
1	0	1	0	
1	0	1	1	
1	1	0	0	
1	1	0	1	
1	1	1	0	
1	1	1	1	

Se avete collegato correttamente questo esperimento, dovreste notare che la tabella di cui sopra è la tabella di un 2-input 2-wide AND-OR-INVERT gate. Se il risultato non è questo, controllate i collegamenti e ripetete l'esperimento. Nel caso che il vostro collegamento fosse OK e non lo fosse invece il vostro risultato, provate con un altro chip 74150.

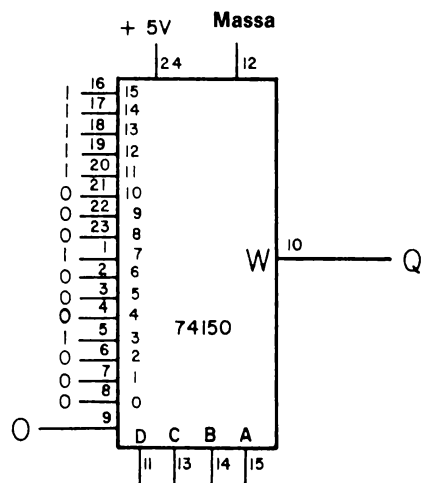
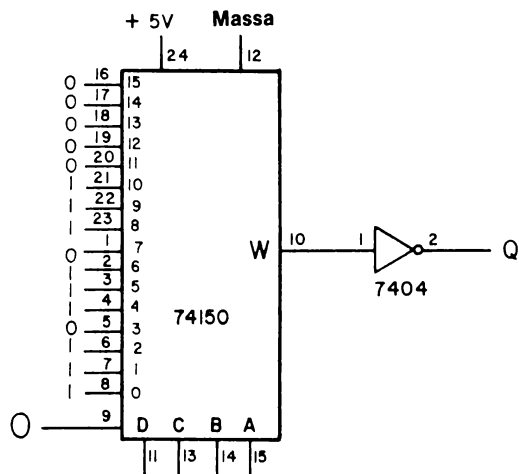
Domande

Le domande che vi porremo saranno alquanto difficili. Rispondete solo se avete un po' di tempo a disposizione e se volete mettere alla prova la vostra comprensione dei multiplexer e del modo in cui possono essere usati per creare tabelle della verità.

1. Nei due schemi della pagina seguente, abbiamo indicato due diversi modi di costruire un AND-OR-INVERT gate a due vie e con due ingressi per ognuno degli AND gate. Abbiamo usato il circuito in basso per questo esperimento. Notate nel circuito in alto che quando DCBA=0000, l'uscita 0 è a stato logico 1, e quando DCBA=1111, l'uscita è a stato logico 0. Gli ingressi dei pin da 1 a 8 e da 16 a 23 sono esattamente le uscite che vi aspettereste per un 2-wide 2-input AND-OR-INVERT gate (se avete presente che il canale d'ingresso 0 corrisponde al binario DCBA=0000 e il canale d'ingresso 15 corrisponde al binario DCBA=1111 e che ogni canale entro questi limiti ha un corrispondente equivalente binario di DCBA).
La domanda è: Usate un chip 74150 e disponete i sedici canali d'ingresso a stato logico 0 o stato logico 1 in modo che l'uscita simuli un NAND gate a quattro ingressi.

5-E52

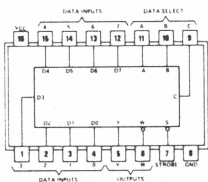
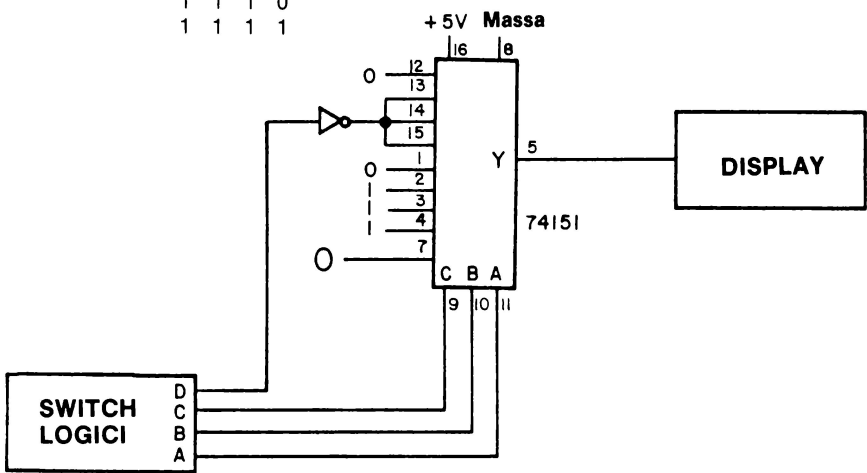
+ 5V
Massa
24
12
W
10
1
2
Q
7404
74150
D C B A
9
11 13 14 15

+ 5V
Massa
24
12
W
10
Q
74150
D C B A
9
11 13 14 15

Usate lo spazio che segue per la vostra risposta che dovrebbe essere sotto forma di schema simile a quelli della pagina precedente.

2. È possibile "creare" qualsiasi gate a 2, 3 o 4 ingressi utilizzando il chip di circuito integrato 74150 e due, tre o quattro ingressi di selezione dei dati dei pin 11, 13, 14 e 15? Se la vostra risposta è si, datene, per favore, una spiegazione un po' dettagliata.

3. Scrivete una tabella della verità per gli ingressi di switch logici A, B C e D e determinate che tipo di gate a quattro ingressi è rappresentato dallo schema che segue. La configurazione dei pin del chip 74151 è raffigurata sotto lo schema.

D	C	B	A	Q
0	0	0	0	
0	0	0	1	
0	0	1	0	
0	0	1	1	
0	1	0	0	
0	1	0	1	
0	1	1	0	
0	1	1	1	
1	0	0	0	
1	0	0	1	
1	0	1	0	
1	0	1	1	
1	1	0	0	
1	1	0	1	
1	1	1	0	
1	1	1	1	

+5V Massa
16 8
0 12 13
14 15
Y 5
DISPLAY
0 1
2 3 4
1 1
0 7
74151
C B A
9 10 11
SWITCH LOGICI
D C B A

74151

TEST

Questo test prova il vostro grado di comprensione dei concetti di elettronica digitale descritti in questo Capitolo. Vi preghiamo di scrivere le vostre risposte su un foglio a parte.

1. Con parole vostre, descrivete i cinque codici digitali più comunemente usati:

   binario
   ottale
   esadecimale
   decimale in codice binario
   semi-ASCII

Dovete anche spiegare in che modo ognuno di questi codici è simile agli altri.

2. Con parole vostre, spiegate la differenza fra i seguenti tipi di dispositivi:

   multiplexer
   demultiplexer
   sequencer
   programmable sequencer
   decoder

3. Con parole vostre, spiegate la differenza fra un decoder e un decoder/driver.

Il vostro test sarà soddisfacente se riuscirete a rispondere a tutte le domande in modo corretto e nel giro di un'ora, a libro chiuso. Avete trovato tutti questi concetti nel corso di questo Capitolo. Il programmable sequencer è stato descritto durante gli esperimenti.

COSA AVETE REALIZZATO CON QUESTO CAPITOLO?

Uno sguardo agli obiettivi

Avevamo detto nell'Introduzione a questo Capitolo che al termine, sareste stati in grado di:

- Superare un test per il quale avreste dovuto descrivere i cinque codici digitali più comunemente usati, cioè i codici *binario*, *ottale, esadecimale, decimale in codice binario* e *semi-ASCII.*

  La domanda vi è stata posta come domanda n° 1 del Test.

- Superare un test nel quale avreste fatto una distinzione fra i seguenti tipi di dispositivi:

  multiplexer
  demultiplexer
  sequencer
  programmable sequencer
  decoder

Vi è stato chiesto di farlo nella domanda 2 del test.

- Superare un test nel quale avreste spiegato la differenza tra un *decoder* e un *decoder/driver*.

  Vi è stato chiesto di farlo nella domanda 3 del test.

- Costruire dei decoder da 7442, 74154, 74155.

  Lo avete fatto negli Esperimenti N. 1,7, 10 e 12.

- Costruire sequenziatori e sequenziatori programmabili da 7442 e 74154 impiegando contatori 7490 e 7493.

  Lo avete fatto negli Esperimenti N. 3, 4, 5 e 7.

- Costruire demultiplexer da 7442, 74154 e 74155.

  Lo avete fatto negli Esperimenti N. 2, 8, 9, 11 e 13.

- Costruite multiplexer da 74150 e 74153.

  Lo avete fatto negli Esperimenti N. 14 e 15.

Mr. David G. Larsen è un istruttore del Dipartimento di Ingegneria Chimica del Virginia Polytechnic Institute & State University dove svolge attività didattica a vari livelli nel campo dell'elettronica analogica e digitale. È coautore di altri Bugbook e di una pubblicazione mensile, denominata Columns, riguardante l'interfacciamento dei microcomputer. Con il dr. Rony cura una serie di corsi sui microcomputer, sotto gli auspici della Extension Division della suddetta Università. Questi corsi sono particolarmente apprezzati e seguiti da professionisti di ogni parte del mondo.

Il **dr. Peter R. Rony** è professore presso il Dipartimento di Ingegneria Chimica del Virginia Polytechnic Institute & State University (USA). L'elettronica digitale ed i microcomputer giocheranno un ruolo molto importante nei controlli di processo, soggetto questo di considerevole interesse per l'ingegneria chimica. Il dr. Rony è coautore di molti altri Bugbooks e di una pubblicazione mensile, denominata Columns, riguardante l'interfacciamento dei microcomputer, che appare su *American Laboratory, Computer Design, Ham Radio Magazine,* in Usa, *Electroniker* in Germania e *Elettronica Oggi* in Italia.

L. 18.000

(16.980)

Edizione italiana del "the BUGBOOK I"

JACKSON
ITALIANA
EDITRICE

D.G.LARSEN
P.R.RONY

il BUGBOOK I

ESPERIMENTI SU CIRCUITI LOGICI E DI MEMORIA
UTILIZZANTI CIRCUITI INTEGRATI TTL

7